

1117.68737



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Kunihiro Tashiro
Serial No.: 10/714,816
Conf. No.: 2176
Filed: 11/17/2003
For: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE
Art Unit: Not assigned
Examiner: Not assigned

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as FIRST-CLASS mail in an envelope addressed to: MS Missing Parts, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on this date.

21 May 04 
Date Registration No. 29,367
Attorney for Applicant(s)

CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop Missing Parts
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2002-332601, filed November 15, 2002

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By 

Patrick G. Burns
Registration No. 29,367

May 21, 2004
300 South Wacker Drive
Suite 2500
Chicago, Illinois 60606
Telephone: 312.360.0080
Facsimile: 312.360.9315

10/714,816

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 1 5 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 3 2 6 0 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 3 2 6 0 1]

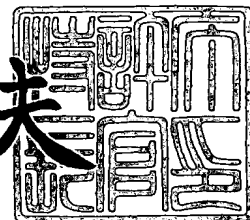
出 願 人 富士通ディスプレイテクノロジーズ株式会社
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 2 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0240758

【提出日】 平成14年11月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 液晶表示装置

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通
ディスプレイテクノロジーズ株式会社内

【氏名】 田代 国広

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通
ディスプレイテクノロジーズ株式会社内

【氏名】 大室 克文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通
ディスプレイテクノロジーズ株式会社内

【氏名】 杉浦 規生

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通
ディスプレイテクノロジーズ株式会社内

【氏名】 吉田 秀史

【特許出願人】

【識別番号】 302036002

【氏名又は名称】 富士通ディスプレイテクノロジーズ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090273

【弁理士】

【氏名又は名称】 國分 孝悦

【電話番号】 03-3590-8901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 035493

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0213727

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射光を反射させる反射層と、
前記反射層上に設けられた液晶層と、
前記液晶層の前面に設けられた光学補償板と
を含み、

前記光学補償板は、前記液晶層に近い側から、第 1 の位相差板、第 2 の位相差板及び偏光板の積層構造を有してなり、

前記第 1 及び第 2 の位相差板は、それぞれ一軸異方性を有しており、両者の重ね合わせにより $1/4$ 波長板の機能と負の位相差板の機能とを合成的に生成することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 2】 前記光学補償板は、前記第 2 の位相差板上に $1/2$ 波長板を更に有することを特徴とする請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3】 前記 $1/2$ 波長板の光軸と前記偏光板の吸収軸とのなす角を θ として、前記 $1/2$ 波長板の光軸と前記第 2 の位相差板の光軸とのなす角が略 $\theta + 45^\circ$ であり、

前記第 2 の位相差板の面内位相差と前記第 1 の位相差板の面内位相差との差が $1/4$ 波長とされており、

前記第 2 の位相差板の光軸と前記第 1 の位相差板の光軸とが略直交することを特徴とする請求項 2 に記載の液晶表示装置。

【請求項 4】 入射光を反射させる反射層と、
前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、
前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と
を含み、
前記反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 $4^\circ \sim 6^\circ$ の範囲内の値であるとともに、
前記位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f/R_{lc} が $0.6 \sim 0.9$ の範囲内の

値であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 5】 入射光を反射させる反射層と、

前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、

前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と

を含み、

前記反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 7° ～ 9° の範囲内の値であるとともに、

前記位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f / R_{lc} が $0.5 \sim 0.8$ の範囲内の値であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 6】 入射光を反射させる反射層と、

前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、

前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と

を含み、

前記反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 10° ～ 15° の範囲内の値であるとともに、

前記位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f / R_{lc} が $0.4 \sim 0.7$ の範囲内の値であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 7】 反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射光を反射させる反射層と、

前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、

前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と

を含み、

前記位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有しており、反射強度が極大となる方位 ϕ と前記偏光板の吸収軸 P とのなす角が略 $65^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の値であり、当該位相差板の遅相軸 F_1 と吸収軸 P とのなす角が略 45° となるように配置されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 8】 反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射

光を反射させる反射層と、

前記反射層上に設けられ、液前記反射層上に設けられた液晶層と、

前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と

を含み、

前記位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有しており、反射強度が極大となる方位 ϕ と前記偏光板の吸収軸 P とのなす角が略 $90^\circ \sim 115^\circ$ の値であり、当該位相差板の遅相軸 F_1 と吸収軸 P とのなす角が略 135° となるように配置されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 9】 表面に対する鉛直方向及び面内方向にそれぞれ位相差を有する他の位相差板を有しており、

前記他の位相差板は、反射強度が極大となる方位 ϕ と、前記位相差板及び当該他の位相差板の少なくとも一方の遅相軸 F_2 とのなす角が略 $0^\circ \sim 30^\circ$ となるように、前記位相差板よりも前記液晶層側に配置されていることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の液晶表示装置。

【請求項 10】 反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射光を反射させる反射層と、

前記反射層上に設けられた液晶層と

を含み、

前記液晶層の液晶分子を、反射強度が極大となる方位 ϕ と当該液晶分子のダイレクタ方位 L とのなす角が略 $45^\circ \sim 90^\circ$ となるように配向させることを特徴とする液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、携帯端末等の低消費電力機器に用いられる反射型の液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

反射型液晶表示装置は室内照明や太陽光のような環境光を取り込み、反射板で

観測者側に反射させて表示を行っている。この反射型液晶表示装置は、バックライトを必要としないため低消費電力であり、携帯端末や PDA 等に広く用いられている。

【0003】

このように反射型液晶表示装置は、環境光を利用して表示を行うために低消費電力である反面、比較的コントラスト比や視野角等の表示特性に劣る傾向にある。そこで、表示特性の向上を図るため、以下のような対策が検討されている。

【0004】

(対策1)

高いコントラスト比及び高い反射強度を実現可能なことから、垂直配向型液晶パネルを用いた反射型液晶表示装置が提案されている。ここでは、図32(a)に示すように、垂直配向型液晶パネルの前面に $\lambda/4$ 板101を設置し、印加電圧オフで黒表示を行っている。

【0005】

この $\lambda/4$ 板101については、その複屈折の波長分散を液晶の波長分散と逆になるようにするため、図32(b)に示されるように、 $\lambda/2$ 板103と $\lambda/4$ 板104との2枚から構成する技術も提案されている。

【0006】

電圧無印加状態において液晶分子が略垂直に立っており、理想的な黒表示が実現できる。また、電圧印加状態において、実質的な液晶層の位相差が $\lambda/4$ になった時に白表示となる。この反射型液晶表示装置においては、視野角特性を向上させるため、液晶パネルと $\lambda/4$ 板101との間に負の位相差板102を設けることが有効である。この負の位相差フィルムの存在により液晶層の位相差を補償している。

【0007】

(対策2)

反射板で環境光を観測者側に反射させる場合、反射板を平滑な鏡面にすると正反射領域では明るく、それ以外の領域では暗くなるため視角依存が大きく、また正反射領域でも金属光沢のある表示になってしまう。そこで、反射板の表面に平

面形状がドット状の凹凸を形成して反射光を拡散させることにより、視角依存が小さく、金属光沢のない表示を実現する技術（特許文献 1 参照）が知られている。

【0 0 0 8】

また、表示方式としては偏光板を 1 枚用いたねじれ（ツイステッド）ネマティック（TN）モード（特許文献 2 参照）が提案されている。TN モードは、正の誘電率異方性を有する液晶を水平方向にツイスト配向させたものであり、入射した環境光を偏光板で直線偏光に変え、電圧無印加では可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する位相差板と液晶層により偏光方位を 180° 回転させて白表示、電圧印加では可視光波長のほぼ $1/4$ の位相差を有する位相差板により偏光方位を 90° 回転させて黒表示としている。

【0 0 0 9】

【特許文献 1】

特開平 6 - 1 7 5 1 2 6 号公報

【特許文献 2】

特開平 6 - 1 1 7 1 1 号公報

【特許文献 3】

特開平 1 1 - 3 1 1 7 8 4 号公報

【特許文献 4】

特開昭 6 0 - 2 5 6 1 2 1 号公報

【特許文献 5】

特開昭 6 2 - 2 1 0 4 2 3 号公報

【特許文献 6】

英国特許第 1, 4 6 2, 9 7 8 号明細書

【特許文献 7】

特開平 1 0 - 1 5 3 8 0 2 号公報

【特許文献 8】

特開 2 0 0 1 - 4 9 9 9 号公報

【特許文献 9】

特開 2000-35570 号公報

【特許文献 10】

特開 2000-171788 号公報

【特許文献 11】

特開 2001-154190 号公報

【特許文献 12】

特開平 6-337421 号公報

【非特許文献 1】

テレビジョン学会誌 Vol. 50, No. 8, pp1091~1095, 1996

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した表示特性向上の対策には、以下に示すような問題がある。

【0011】

対策 1 の場合、負の位相差フィルムを作製するには、光学フィルムを 2 方向に延伸する、あるいは、特殊な光学物質を基体となるフィルム上に塗布するなど特殊なものであり、非常に高度の技術を要するために高価なものとなる。

【0012】

この負の位相差フィルムを簡便に実現する手法が東北大学より提案されている。これは、所望の負の位相差と同一の面内位相差を持つ一軸延伸フィルムを直交させて積層することで作製される。しかしながら、この場合にはフィルム枚数が多くなりディスプレイが分厚くなる、あるいは、フィルムが 2 枚ということで結局高価なものになるという問題が生じる。

【0013】

対策 2 の場合、TN モードでは電圧印加後も基板界面にアンカリングした液晶がスイッチングしないで残るため、黒輝度が浮いて十分なコントラスト比が得られない問題がある。表示の見やすさは明るさとコントラスト比で規定され、明るければ低いコントラスト比でも見やすく、暗ければ高いコントラスト比が要求される（非特許文献 1 参照）。反射型液晶表示装置では環境光を取り込み、反射板

で観測者側に反射させて表示を行うため室内環境では暗く、コントラスト比が十分でないと表示が見難くなる。

【0014】

コントラスト比を改善する手段として、位相差板の遅相軸を液晶層のアンカリング方位と略一致させ、残留した液晶層の位相差（残留リタデーション）分だけ位相差板の位相差を減ずる事により黒表示を補償する技術（特許文献3参照）が提案されている。しかしながら、液晶層の波長分散性は位相差板のそれよりも大きいいため、黒表示が着色して十分なコントラスト比が得られなかったり、白表示では減じた位相差分だけ液晶層の位相差を大きくする必要があるため、同じコントラスト比を得るには駆動電圧を高くしなければならないという問題がある。

【0015】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、表示特性の向上、即ち明るくコントラスト比が高いとともに、視野角が広く、視野依存が少ない表示を実現し、室内環境のように比較的暗い場所でも極めて見易い優れた反射型の液晶表示装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、鋭意検討の結果、以下に示す発明の諸態様に想到した。

【0017】

本発明の液晶表示装置は、入射光を反射させる反射層と、前記反射層上に設けられた液晶層と、前記液晶層の前面に設けられた光学補償板とを含み、前記光学補償板は、前記液晶層に近い側から、第1の位相差板、第2の位相差板及び偏光板の積層構造を有してなり、前記第1及び第2の位相差板は、それぞれ一軸異方性を有しており、両者の重ね合わせにより1/4波長板の機能と負の位相差板の機能とを合成的に生成する。

【0018】

本発明の液晶表示装置は、入射光を反射させる反射層と、前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板とを含み、前記反射層は、表面に凹凸が形成されており、

前記凹凸の平均傾斜角が略 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 、望ましくは $7^{\circ} \sim 9^{\circ}$ の範囲内の値であるとともに、前記位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f/R_{lc} が $0.5 \sim 0.8$ の範囲内の値である。

【0019】

この場合、本発明の他の態様では、前記反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の範囲内の値であるとともに、前記位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f/R_{lc} が $0.4 \sim 0.7$ の範囲内の値である。

【0020】

また、本発明の更に他の態様では、前記位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有しており、反射強度が極大となる方位 ϕ と前記偏光板の吸収軸 P とのなす角が略 $65^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の値であり、当該位相差板の遅相軸 F_1 と吸収軸 P とのなす角が略 45° となるように配置されている。

【0021】

また、本発明の更に他の態様では、前記位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有しており、反射強度が極大となる方位 ϕ と前記偏光板の吸収軸 P とのなす角が略 $90^{\circ} \sim 115^{\circ}$ の値であり、当該位相差板の遅相軸 F_1 と吸収軸 P とのなす角が略 135° となるように配置されている。

【0022】

また、本発明の更に他の態様では、前記液晶層の液晶分子を、反射強度が極大となる方位 ϕ と当該液晶分子のダイレクタ方位 L とのなす角が略 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ となるように配向させる。

【0023】

【発明の実施の形態】

—本発明の基本骨子—

(基本骨子1)

本発明は、以上の問題点を解決するためにフィルムとして汎用品を用いつつ枚

数を減らし、これに合わせて液晶パネルの位相差を最適化するものである。具体的には、少なくとも 2 枚の位相差板を用いることにより、合成的に $1/4$ 波長板 ($\lambda/4$ 板) の機能と負の位相差板の機能とを生成する。ここで、 $1/4$ 波長板とは、想定する光、例えば可視光の波長の $1/4$ の位相差を有するフィルムである。また、負の位相差 R_m は、位相差板の x 方向, y 方向, z 方向の屈折率をそれぞれ n_x , n_y , n_z とし、光路長を d とした場合、

$$R_m = ((n_x + n_y) / 2 - n_z) \cdot d$$

で定義される。

【0 0 2 4】

[原理構成 1]

図 1 に本発明の具体的な原理構成を示す。

本発明の液晶表示装置の主要構成は、液晶パネル側から、第 1 の位相差板である例えば $\lambda/4$ 板 1、第 2 の位相差板である例えば $\lambda/2$ 板 2、及び偏光板 3 がこの順に設けられてなる。ここで、偏光板 3 の吸収軸と $\lambda/2$ 板 2 の吸収軸とのなす角が略 45° であり、 $\lambda/2$ 板 2 の面内位相差は位相差板 1、望ましくは $\lambda/4$ 板 1 の面内位相差に $\lambda/4$ を加えた値とされており（例えば、位相差板 1、望ましくは $\lambda/4$ 板 1 の面内位相差が $\lambda/4 + \alpha$ であれば、 $\lambda/2$ 板 2 の面内位相差は $\lambda/2 + \alpha$ となる。以下、位相差板 1 を適宜 $\lambda/4$ 板 1 と表記するが、 $\lambda/4$ 板に限定されるものではない。）、 $\lambda/4$ 板 1 の光軸と $\lambda/2$ 板 2 の光軸は直交している。ここでは、 $\lambda/4$ 板 1 の光軸が 150° 、 $\lambda/2$ 板 2 の光軸が 60° 、偏光板 3 の吸収軸が 15° とされている。

なお、図示の例では便宜上、液晶パネル 1 を反射層の形成された下基板と透明電極の形成された上基板で液晶層を挟持した形で示してある。

【0 0 2 5】

$\lambda/2$ 板 2 は、実質的に 2 枚の位相差板、ここでは共に光軸が 60° をなす $\lambda/4$ 板 2 a, 2 b を重ね合わせた機能を有する。そして、 $\lambda/4$ 板 2 a と $\lambda/4$ 板 1 との光軸が直交するために面内位相差が相殺されて 0 となり、両者の負の位相差の和のみが残る。即ち、 $\lambda/4$ 板 1 と $\lambda/2$ 板 2 との重ね合わせにより、図 2 (a) に示すように、負の位相差板 4 及び $\lambda/4$ 板 5 を設けたものと同等の機

能が得られることになる。

【0026】

ここで、 $\lambda/4$ 板2a、 $\lambda/4$ 板1として面内位相差が $\lambda/4$ の場合を例に挙げたが、この負の位相差の値は $\lambda/4$ 板が持つ屈折率の関係で決まる。完全な一軸の位相差板の場合には、 n_y と n_z とが等しいために負の位相差は137nmである。しかしながら、製法によっては二軸の $\lambda/4$ 板となるのが通常であり、この値は前後する。ここで、特に、 n_z が n_y より大きい場合には視野角特性が良好となる。

【0027】

[原理構成2]

図3に本発明の他の例として、具体的な原理構成を示す。

本発明の液晶表示装置の主要構成は、液晶パネル側から、第1の位相差板である例えば $\lambda/4$ 板11、第2の位相差板である例えば $\lambda/2$ 板12、第3の位相差板である $\lambda/2$ 板13、及び偏光板14がこの順に設けられてなる。なお、 $\lambda/2$ 板12と $\lambda/2$ 板13とをあわせて第2の位相差板と表記している場合もある。ここで、偏光板14の吸収軸と $\lambda/2$ 板13の光軸とのなす角を θ として、 $\lambda/2$ 板13の光軸と $\lambda/2$ 板12の光軸とのなす角が $\theta \pm 45^\circ$ であり、 $\lambda/2$ 板12の面内位相差は $\lambda/4$ 板11の面内位相差に $\lambda/4$ を加えた値とされており（例えば、 $\lambda/4$ 板1の面内位相差が $\lambda/4 + \beta$ であれば、 $\lambda/2$ 板12の面内位相差は $\lambda/2 + \beta$ となる。）、 $\lambda/4$ 板11の光軸と $\lambda/2$ 板12の光軸は直交している。ここでは、 $\lambda/4$ 板11の光軸が 170° 、 $\lambda/2$ 板12の光軸が 80° 、 $\lambda/2$ 板13の光軸が 25° 、偏光板14の吸収軸が 15° とされている。

【0028】

$\lambda/2$ 板12は、実質的に2枚の位相差板、ここでは共に光軸が 80° をなす $\lambda/4$ 板12a、12bを重ね合わせた機能を有する。 $\lambda/2$ 板12の面内位相差は $\lambda/4$ 板12aの面内位相差と $\lambda/4$ との和であり、 $\lambda/4$ 板12aの面内位相差と $\lambda/4$ 板11の面内位相差とは同一である。この場合、 $\lambda/4$ 板12bと $\lambda/2$ 板13との重ね合わせにより逆波長分散の $\lambda/4$ 板の機能が生成される

。そして、 $\lambda/4$ 板12aと $\lambda/4$ 板11との光軸が直交するために面内位相差が相殺されて0となり、両者の負の位相差の和のみが残る。即ち、 $\lambda/4$ 板11と $\lambda/2$ 板12との重ね合わせにより、図2(b)に示すように、負の位相差板15及び $\lambda/4$ 板16を設けたものと同等の機能が得られることになる。

【0029】

ここで、この負の位相差の値は、これらの位相差板が持つ屈折率の関係で決まる。完全な一軸の位相差板の場合には n_y と n_z とが等しいので負の位相差は位相差板の面内位相差の半分である。本例では、2枚の組み合わせであるため、負の位相差は面内位相差と同一となる。しかしながら、製法によっては二軸の位相差板となるのが通常であり、この値は前後する。ここで、特に、 n_z が n_y より大きい時には視野角特性が良好となる。

【0030】

(基本骨子2)

本発明では、表示方式を、偏光板を1枚用いた垂直配向（ヴァーティカル・アライメント：VA）モードとし、反射凹凸の平均傾斜角毎に特定の位相差を有する位相差板を偏光板と液晶層の間に配置する。これにより、平均傾斜角毎に最適な補償条件を提案すると共に、安価な位相差板を用いて補償することができる。平均傾斜角の大小は用途によって使い分けられ、小型パネル向けには平均傾斜角が小さいものが、大型パネル向けには平均傾斜角が大きいものが用いられる。これは小型パネルが持ち運びに容易なため、光源により近い環境下で使用することを前提としており、この場合、基板鉛直方向に出射する光は比較的浅い角度で入射するからである。一方、大型パネルは持ち運びが不便なため、机上等の光源とやや離れた環境下で使用することを前提としており、この場合、基板鉛直方向に出射する光は比較的深い角度で入射するからである。

【0031】

VAモードでは、スイッチングがTNモードと逆になるが、入射した環境光を偏光板で直線偏光に変え、可視光波長のほぼ $1/4$ の位相差を有する位相差板で偏光方位を 90° 回転させ、偏光板にそれを吸収させて黒表示を行う点は同じである。但し、VAモードでは電圧無印加で黒表示となるため、TNモードのよう

に基板界面にアンカリングした液晶層がスイッチングしないで残ることはなく、原理的にコントラスト比を高くすることができる。

【0 0 3 2】

しかしながら、反射凸凹を有する反射型液晶表示装置では観測者側に反射される光は略斜め入射であり、また基板界面の液晶も反射凹凸により傾斜配向しているため、電圧無印加でも液晶層は位相差を有している。基板面に対する観測角度（出射角）と反射凸凹の傾斜角分布が既知であれば液晶に対する光の入出射角が求まるため、この位相差を見積もることが可能であり、基板鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、この位相差と略同等の位相差を有する位相差板を用いて液晶相の位相差をキャンセルすれば完全な黒表示を得ることができる。

【0 0 3 3】

基板鉛直方向に負の屈折率異方性を有する位相差板を用いて垂直配向した液晶層の位相差を補償する技術として、斜め入射する光に対して楕円偏光を生ぜしめ、この楕円偏光の長軸が観測面と一定の角度を形成し、斜方降下してくる光が液晶層を透過し切った場合にこの角度を消し去るように位相差板を構成する方法が知られている（特許文献 4 参照）。この技術は斜め入射した光が反射板に到達した時に円偏光となるように位相差板を設定することを特徴としている。

【0 0 3 4】

しかしながら、反射凹凸を有する反射型液晶表示装置では液晶が反射凹凸により傾斜配向しているため、液晶への光の入射角は往路と復路で異なり、発生する位相差も異なっている。前記技術は往路と復路で発生する位相差が等しい場合には、補償条件として成り立つが、異なる場合はずれが発生するため成り立たなくなる。

【0 0 3 5】

また、一つの屈折率（ n_z ）が他の二つの屈折率（ n_x 、 n_y ）より小さい複屈折補償媒体（位相差板）を用いて補償を行う方法が知られている（特許文献 5 参照）。この技術は液晶表示装置を斜め方向からみた場合に発生する位相差を n_x 、 $n_y > n_z$ の屈折率異方性を有する位相差板を用いて補償するものであるが、このような位相差板は基板面内方向に大きな位相差を発生させないようにするため

、二軸延伸といった高度な延伸処理が必要になり、一軸延伸の位相差板に比べて高価になる。

【0036】

[原理構成1]

この液晶表示装置は、入射光を反射させる反射層と、反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板とを含む。反射層は表面に凹凸が形成されており、凹凸の平均傾斜角が略 $4^{\circ} \sim 6^{\circ}$ の範囲内の値であるとともに、位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f / R_{lc} が $0.6 \sim 0.9$ の範囲内の値である。電圧無印加における液晶層の位相差は基板面に対する観測角度（出射角）と反射凹凸の傾斜角分布により見積もる事が可能であるが、ある観測角度において最適な位相差が、ある観測角度では最適でないという問題が往々にして発生する。特に反射凹凸の平均傾斜角が小さいとこの差が顕著であり、どの観測角度に対する位相差を優先的にキャンセルすべきか十分考慮して位相差板を選択しないと、特定角度において光もれが大きくなり、コントラスト特性を大きく損なうことになる。

【0037】

具体的には、反射凹凸の平均傾斜角が略 $4^{\circ} \sim 6^{\circ}$ となる場合、観測角度 0° （基板鉛直方向）に出射する光は略 $0^{\circ} \sim 12^{\circ}$ の浅い角度で液晶層に入出射するため最適な位相差は小さいが、観測角度 45° に出射する光は略 $16^{\circ} \sim 28^{\circ}$ の深い角度で液晶層に入出射するため最適な位相差は大きくなる。このように観測角度によって最適な位相差が大きく異なる場合、位相差の大きい方に合わせて位相差板を設定するのが好ましい。観測角度 0° では過補償となるため黒浮きが発生するが、観測角度 0° に出射する光は浅い角度で液晶層に入射するため過補償による位相差も小さく、影響は少ない。このようにして位相差の大きくなる観測角度と反射凹凸の平均傾斜角から最適な位相差 R_f を求めると $0.6 \leq R_f / R_{lc} \leq 0.9$ となる。ここで、反射凹凸の傾斜角を傾斜角分布でなく、平均傾斜角で示したのは平均傾斜角が傾斜角分布から求められる確率中心であり、傾斜角を議論する上で代表値を用いても誤差は小さいからである。

【0 0 3 8】

また、 R_f を液晶層のセル厚と複屈折率差により求まる位相差 R_{lc} との比で示したのは、液晶層の位相差 R_{lc} に比例して位相差板の R_f も変化するからである。観測角度を 0° と 45° としたのは観測者が反射型液晶表示装置を手にとって正面で観測する場合が略 0° 、観測者が反射型液晶表示装置を机等に置いて斜めに観測する場合が略 45° であり、この異なる 2 つの観測角度を考慮して最適な位相差を見積もれば実用的な観測範囲において略良好なコントラスト特性が期待できるからである。逆に言うとこれ以上大きい観測角度を補償の対象としても実用上要求される観測範囲を越えており、正面特性とのトレードオフも大きくなることから好ましくない。

【0 0 3 9】

[原理構成 2]

この液晶表示装置は、入射光を反射させる反射層と、反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板とを含む。反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 $7^\circ \sim 9^\circ$ の範囲内の値であるとともに、位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f/R_{lc} が $0.5 \sim 0.8$ の範囲内の値である。反射凹凸の平均傾斜角が略 $7^\circ \sim 9^\circ$ となる場合、観測角度 0° （基板鉛直方向）に出射する光は略 $0^\circ \sim 18^\circ$ で液晶層に入出射し、観測角度 45° に出射する光は略 $10^\circ \sim 28^\circ$ の角度で液晶層に入出射する。平均傾斜角が大きくなると液晶への入射角は一部重複するため、観測角度による位相差の差は小さくなる。従って最適な位相差 R_f を求めると略 $0.5 \leq R_f/R_{lc} \leq 0.8$ となる。

【0 0 4 0】

[原理構成 3]

この液晶表示装置は、入射光を反射させる反射層と、反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板とを含む。反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 $10^\circ \sim 15^\circ$ の範囲内の値であるとともに、位相差板は、表面に対す

る鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f / R_{lc} が $0.4 \sim 0.7$ の範囲内の値である。反射凹凸の平均傾斜角が略 $10^\circ \sim 15^\circ$ となる場合、観測角度 0° （基板鉛直方向）に出射する光は略 $0^\circ \sim 30^\circ$ で液晶層に入射し、観測角度 45° に出射する光は略 $0^\circ \sim 28^\circ$ の角度で液晶層に入射する。平均傾斜角がさらに大きくなると液晶への入射角は略重複するため、観測角度による位相差の大小関係は小さくなるか、もしくは略等しくなる。このような場合、どちらの観測角度におけるコントラスト比を優先させるかによって任意に選択すればよく、最適な位相差 R_f を求めると略 $0.4 \leq R_f / R_{lc} \leq 0.7$ となる。

【0041】

原理構成 1～3 において、位相差板は N_z 係数が 1 以下とすることが好適である。 N_z 係数は $N_z = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$ で示されるため、 N_z 係数が 1 以下となるには $(n_x - n_z)$ が $(n_x - n_y)$ より小さい、即ち $n_y \leq n_z$ となる必要がある。 $n_x, n_y > n_z$ となる位相差板は基板面内方向の屈折率異方性を基板鉛直方向のそれより小さくする必要があるため、二軸延伸の如き高度な技法で作製されるが、 $n_y \leq n_z$ であれば基板面内方向の屈折率異方性を大きくできるので、一軸延伸の如き簡便な技法で作製可能となる。但し、VA モードは TN モードに比べて補償フィルムを余分に要する、補償フィルムのコストは最小限に抑える必要がある。

【0042】

原理構成 1～3 において、位相差板は複数の一軸延伸フィルムで構成され、それぞれの遅相軸が略直交するように積層配置することが好適である。一軸延伸による位相差板は基板面内方向に位相差を有するため、それぞれの遅相軸が略直交するように積層して配置すれば、基板面内方向の位相差は相殺され、基板鉛直方向の位相差のみを残すことが可能となる。前述した可視光波長のほぼ $1/4$ の位相差を有する位相差板の位相差を減じれば、一軸延伸した位相差板単体でも構わないが、一軸延伸した位相差板は二軸延伸した位相差板に比べて基板鉛直方向の位相差が小さいため、十分な補償が行えなくなる。一軸延伸した位相差板をそれぞれの遅相軸が略直交するように積層して配置すれば、基板鉛直方向の位相差を

任意に設定できる。

【0 0 4 3】

(基本骨子 3)

反射凹凸の平面形状をドッド状から特定方位に反射面が向いた幾何学形状とし、その形状を任意に制御すれば、特定方位から入射した光を効率よく観測者側に反射させることができる。

【0 0 4 4】

本発明者は、感光性樹脂の硬化収縮性の違いを利用して、パターン形成なしに幾何学的な反射凹凸を形成する技術を提案している。また、表示モードを T N から負の誘電率異方性を有する液晶を垂直配向させたバーティカル・アライメント (V A) にすることにより、基板界面にアンカリングした液晶が残らなくなるため、原理的にコントラスト比を高くすることができる。特定方位から入射した光を効率よく観測者側に反射させ、表示モードを V A にすれば、室内環境でも見やすい表示が実現できる。

【0 0 4 5】

しかし、偏光板の軸配置や液晶の配向方位のようなパネルパラメータでも反射強度の方位異方性は異なるため、反射凹凸による反射特性とマッチングがとれていないと、反射強度が極大となる方位でコントラスト比が低下し、表示が見難くなる。そこで本発明者は、以下に示す手法により、反射凹凸とパネルパラメータのマッチングが可能であり、反射凹凸により反射強度極大となる方位でコントラスト比を極大にして、表示を見やすくできることを見出した。

【0 0 4 6】

[原理構成 1]

この液晶表示装置は、反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射光を反射させる反射層と、反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板とを含む。位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有しており、反射強度が極大となる方位 ϕ と偏光板の吸収軸 P とのなす角が略 $65^\circ \sim 90^\circ$ の値であり、当該位相差板の遅相軸 F_1 と吸収軸 P とのなす角が略 45° となるように配置され

ている。偏光板の軸配置による反射強度の方位異方性は、偏光板単体であればその吸光特性から透過軸方位で反射強度極大、吸収軸方位で反射強度極小となる。これに可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する位相差板が加わると偏光方位が回転するため、透過軸方位と吸収軸方位で反射強度極小となる。

【0 0 4 7】

即ち、光が可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する位相差を往復すると、位相差板遅相軸を対称軸として偏光方位が 90° 回転するが、位相差板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角が略 45° となるよう配置されていれば、透過軸方位の直線偏光は 90° 回転して偏光板吸収軸と平行になるため、反射強度極小となる。しかし、 45° 以外の方位では偏光方位が偏光板吸収軸とずれて回転するため、光漏れが発生する。また、これに可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する液晶層が加わると、偏光方位は 180° 回転して偏光板透過軸と平行となり、偏光板だけの時と同様に透過軸方位で反射強度極大となる。従って、反射凹凸により反射強度極大となる方位 ϕ と偏光板吸収軸 P のなす角が略 90° 、位相差板遅相軸 F₁ と P のなす角が略 45° となるよう偏光板と位相差板を配置すれば、反射凹凸により反射強度極大となる方位でコントラスト比は極大となるはずである。

【0 0 4 8】

ところが、反射凹凸を有する反射型液晶表示装置では主に斜め入射した光が観測者側（基板鉛直方向）に反射されるため、斜め入射により位相差が発生して偏光方位がずれ、透過軸方位でも偏光方位が偏光板吸収軸とずれて光漏れが発生する（正確には偏光方位がずれた楕円偏光となる。）。これを補正するには偏光方位がずれた分だけ偏光板の軸配置を逆方向に回転させ、オフセットをかけるのが効果的であり、これにより偏光方位は偏光板吸収軸と略平行になる。

【0 0 4 9】

ここで、位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/2$ の位相差を有する第 1 の位相差板と、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有する第 2 の位相差板とを有して構成されてなり、第 1 の位相差板の遅相軸 F₁₁ と吸収軸 P とのなす角が略 $0^\circ \sim 20^\circ$ であるとともに、第 2 の位相差板の遅相軸 F₁₂ と遅相軸 F₁₁ とのなす角が略 $45^\circ \sim 65^\circ$ であることが好適である。位相差板は一般的にノルボ

ルネン系の高分子フィルムを延伸して作製するが、高分子フィルムは波長分散性を有するため、特定の波長に対して略 $1/4$ の位相差を有するよう位相差板を設計すると、それ以外の波長では位相差が略 $1/4$ からずれてしまう。位相差板の波長分散性を緩和して、なるべく全ての可視光波長で略 $1/4$ の位相差を有するようになるには、ノルボルネン系より波長分散性の少ない材料を用いるか、波長分散性が小さくなるように位相差板を積層する方法がある。前者についてはノルボルネン系より価格が高価であり、後者については可視光波長の略 $1/2$ の位相差を有する位相差板と可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する位相差板を積層した構造が一般的であり、広帯域 $1/4$ 波長板（もしくは $\lambda/4$ 板）として広く用いられている。広帯域 $1/4$ 波長板の遅相軸も偏光板吸収軸とのなす角が略 45° もしくは 135° となるよう配置するのが好ましく、広帯域 $1/4$ 板の遅相軸は第一の位相差板の遅相軸と、第二の位相差板の遅相軸を合成したベクトルに相当するので、合成ベクトルが上述の位相差板遅相軸と略等価になるようにそれぞれの位相差板を配置すればよい。

【0050】

[原理構成2]

この液晶表示装置は、反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射光を反射させる反射層と、反射層上に設けられ、液前記反射層上に設けられた液晶層と、液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板とを含む。位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有しており、反射強度が極大となる方位 ϕ と偏光板の吸収軸 P とのなす角が略 $90^\circ \sim 115^\circ$ の値であり、当該位相差板の遅相軸 F_1 と吸収軸 P とのなす角が略 135° となるように配置されている。位相差板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角が略 135° となるよう配置した場合でも、透過軸方位から入射した直線偏光は同じように偏光方位がずれるが、 45° の場合と逆方向にずれる。このため、偏光方位のずれを補正するには、偏光板の軸配置を 45° の場合と逆方向に回転させるのが好ましい。

【0051】

ここで、位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/2$ の位相差を有する第1の位相差板と、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有する第2の位相差板と

を有して構成されてなり、第1の位相差板の遅相軸 F_{11} と吸収軸 P とのなす角が略 $0^\circ \sim 20^\circ$ であるとともに、第2の位相差板の遅相軸 F_{12} と遅相軸 F_{11} とのなす角が略 $135^\circ \sim 155^\circ$ であることが好適である。広帯域 $1/4$ 波長板の遅相軸は、第1の位相差板の遅相軸と、第2の位相差板の遅相軸を合成したベクトルに相当するので、合成ベクトルが上述の位相差板遅相軸と略等価になるようそれぞれの位相差板を配置すればよい。

【0052】

ここで、基本骨子1, 2において、表面に対する鉛直方向及び面内方向にそれぞれ位相差を有する他の位相差板を有しており、他の位相差板は、反射強度が極大となる方位 ϕ と、位相差板及び当該他の位相差板の少なくとも一方の遅相軸 F_2 とのなす角が略 $0^\circ \sim 30^\circ$ となるように、位相差板よりも液晶層側に配置されていることが好適である。斜め入射による偏光方位のずれは、位相差板だけでなく液晶層でも発生する。液晶層の位相差は電圧によって変化し、VAモードでは電圧を印加して液晶層の位相差が可視光波長の略 $1/4$ になると白表示になる。白表示では反射強度変化の比率が小さいため、偏光方位のずれはさほど問題にならないが、黒表示即ち液晶に電圧を印加しない状態では、その比率が大きいためコントラスト比が大きく低下する。位相差板での偏光方位のずれは、斜め入射により負の位相差が発生して可視光波長の略 $1/4$ の位相差からずれることに起因しているが、電圧を印加しない状態即ち垂直配向した液晶層での偏光方位のずれは、斜め入射で新たに正の位相差が発生することに起因している。従って、斜め入射による液晶層での偏光方位のずれを補正するにはこの正の位相差を負の位相差でキャンセルする必要がある、基板鉛直方向に負の位相差を有する位相差板を用いて液晶層の位相差をキャンセルする手段（特許文献6, 7参照）が提案されている。垂直配向した液晶層の屈折率異方性は略縦長の楕円体であり、屈折率異方性がそれとは逆の位相板、即ち基板鉛直方向に負の位相差を有する位相差板を用いれば、それぞれの屈折率異方性はキャンセルされるため、斜め入射で位相差は発生しなくなる。

【0053】

高分子フィルムからなる位相差板にそのような位相差を付与するには、基板面

内方向に余分な位相差を発生させないため、二軸延伸の如き高度な延伸処理が必要であり、価格も高価になる。ところが、基板面内方向に位相差を付与する目的で一軸延伸した位相差板も基板鉛直方向に負の位相差を有しており、このような位相差板を遅相軸が直交するよう積層すれば、基板面内方向に余分な位相差を発生させずに、垂直配向した液晶層の位相差のみをキャンセルすることができる。例えば、基板面内方向に可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する位相差板は、基板鉛直方向にも可視光波長の略 $1/10$ から $1/6$ の負の位相差を有しており、このような位相差板を遅相軸が直交するよう積層すれば安価な位相差板を用いて液晶層の位相差をキャンセルすることができる。

【0 0 5 4】

ところが、一軸延伸された位相差板を遅相軸が直交するよう積層した構造では、遅相軸と異なる方位で傾斜時に2つの遅相軸が異なる挙動を示すため、偏光方位にずれが発生する。即ち、斜め入射した場合の屈折率異方性は楕円体を入射面で切断した断面形状に相当するが、2つの遅相軸が異なる挙動を示して見かけ上の遅相軸が変化すると断面形状も変化して位相差がずれるため、偏光方位にずれが発生する。このため、位相差板を反射強度極大となる方位と少なくとも一方の位相差板遅相軸のなす角が略 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ となるように積層して配置すれば、傾斜時に2つの遅相軸が異なる挙動を示すことは無くなり、反射凹凸により反射強度大となる方位で斜め入射による液晶層の位相差を効果的にキャンセルすることができる。

【0 0 5 5】

〔原理構成3〕

この液晶表示装置は、反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射光を反射させる反射層と、反射層上に設けられた液晶層とを含み、液晶層の液晶分子を、反射強度が極大となる方位 ϕ と当該液晶分子のダイレクタ方位 L とのなす角が略 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ となるように配向させる。反射凹凸の平面形状を反射強度大となる方位に傾斜面が向いた幾何学形状とした場合、基板界面の液晶分子は反射強度大となる方位に初期傾斜する。また、ラビング処理のような配向制御でも基板界面の液晶は初期傾斜する。液晶分子が初期傾斜すると黒表示で反射

強度が大きくなり、コントラスト比は低下するが、反射凹凸により液晶が初期傾斜する方位と配向制御により液晶が初期傾斜する方位のなす角が略 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の範囲で、好ましくは略 90° で異っていれば、初期傾斜した液晶の位相差はキャンセルされるため、コントラスト比を改善することができる。

【0056】

ここで、反射強度に方位異方性を有する反射凹凸を用いて該当方位に液晶を配向させることが好適である。反射凹凸は導電突起として作用するため、電圧印加時に反射凹凸近傍の液晶は傾斜面に対して略垂直方位に配向する。これは、液晶が初期傾斜する方位と斜め電界により傾斜配向する方位が異なると、傾斜面の液晶が傾斜方位に配向し難くなるためであり、反射凹凸近傍の液晶は突起上の配向方位に引きずられて傾斜面に対して略垂直方位に配向する。そこで、反射凹凸の傾斜面が反射強度極大となる方位と略平行になるよう反射凹凸を密に配置すれば、反射凹凸により該当方位に液晶を配向させることができる。反射凹凸を利用した配向制御では、ラビング処理のように液晶の傾斜角が大きくなり過ぎないため、上下基板に配向制御手段を施してもコントラスト比は低下せず、また配向安定性も向上する。

【0057】

また、画素電極上に形成されたスリットを用いて該当方位に液晶を配向させることが好適である。スリットは絶縁体として作用するため、スリット幅を斜め電界が発生する領域が小さくなる程度に狭くすると、電圧印加時にスリット近傍の液晶はスリット長辺に対して略平行方位に配向する。これは、斜め電界が発生する領域が小さくなることにより、スリットエッジ部の液晶分子が斜め電界方位に傾斜配向し難くなるためであり、スリット近傍の液晶分子はスリット上の配向方位に引きずられてスリット長辺と略平行に配向する。そこで、スリット長辺が反射強度極大となる方位と略平行になるようスリットを配置すれば、スリットにより該当方位に液晶を配向させることができる。スリットを利用した配向制御では、配向安定性以外にもスリット上を透過領域にして反射透過型液晶表示装置を実現できる。

【0058】

— 具体的な諸実施形態 —

上述した本発明の基本骨子を踏まえ、本発明を適用した具体的な諸実施形態について説明する。

【 0 0 5 9 】

(第 1 の実施形態)

図 4 及び図 5 (a) は、本実施形態の反射型液晶表示装置の概略構成を示す断面図である。

この液晶表示装置は、下ガラス基板 2 1 と上ガラス基板 2 2 とで誘電率異方性が負の液晶分子からなる液晶層 2 3 を挟持し、更に上ガラス基板 2 2 上 (前面) に第 1 の位相差板である $\lambda/4$ 板 1、第 2 の位相差板である $\lambda/2$ 板 2 及び偏光板 3 (図 1 と同様) の積層構造を有する光学補償板が設けられて構成されている。なお、 $\lambda/4$ 板とは、想定する光 (可視光) の波長の $1/4$ に相当する位相差を有するフィルムであり、 $\lambda/2$ 板とは、想定する光 (可視光) の波長の $1/2$ に相当する位相差を有するフィルムである。例えば、想定する光の波長が 550 nm であれば、 $\lambda/4$ 板による位相差は $550/4 = 137.5$ nm となり、想定する光の波長が 600 nm であれば、 $\lambda/2$ 板による位相差は $600/2 = 300$ nm となる。

【 0 0 6 0 】

下ガラス基板 2 1 は、画素毎にスイッチング素子として TFT 素子 2 4 を具備しており、この下ガラス基板 2 1 の表面には、紫外線硬化樹脂あるいはレジストからなる樹脂層 2 5 を用いて凹凸あるいは皺状のパターンを構成し、この表面をアルミニウム層で覆うことにより構成される反射型電極 2 6 が形成され、更に反射型電極 2 6 を覆うように垂直配向性の配向膜 2 7 a が形成されている。樹脂層 2 5 は、TFT 素子 2 4 と下ガラス基板 2 1 とを覆う形で形成されており、その一部は TFT 素子 2 4 からの信号の接続用にパターンニングされている。反射型電極 2 6 の凹凸の平均傾斜角は $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ に適宜設定されている。

【 0 0 6 1 】

他方、上ガラス基板 2 2 の表面には、カラーフィルタ (CF) 層 2 8 を介して ITO 透明電極 2 9 が形成され、この透明電極 2 9 を覆うように垂直配向性の配

向膜 27b が形成されている。液晶層 23 と上下で接する配向膜 27a, 27b により、液晶層 23 の液晶分子が垂直配向する。

【0062】

なお、配向膜 27a, 27b としては、JSR 社あるいは日産化学社より市販されている材料を用いる。また、液晶層 23 としては、メルク社より市販されている材料を用いる。そして、電圧オフにて垂直配向、電圧オンにて傾斜配向とする。図 4 の構成においては、電圧オフにて黒表示、電圧オンにて白表示が実現される。

【0063】

位相差板である $\lambda/4$ 板 1 及び $\lambda/2$ 板 2 としては、ポリカーボネート、ポリスチレン、ノルボルネン系樹脂などを延伸したフィルムが各社より製品化されており、これらを材料として用いる。例えば、住友化学社の製品名エスシーナフィルム、JSR 社製の製品名アートンフィルムを延伸したフィルムが住友化学社や日東電工社から市販されている。

【0064】

これらのフィルムを図 1 に示すような軸関係、ここでは両者の光軸が直交するように積層する。 $\lambda/2$ 板 2 の位相差は $\lambda/4$ 板 1 の位相差に $\lambda/4$ を加えた値とした。 $\lambda/2$ 板 2 の光軸と偏光板の吸収軸とは 45° の角度をなすように積層する。

【0065】

(変形例)

ここで、第 1 の実施形態の変形例について説明する。

図 5 (b) は、この変形例の反射型液晶表示装置の概略構成を示す断面図である。

この変形例では、光学補償板が図 3 と同様に $\lambda/4$ 板 11、 $\lambda/2$ 板 12、 $\lambda/2$ 板 13、及び偏光板 14 がこの順に積層させてなる。偏光板 14 の吸収軸と $\lambda/2$ 板 13 の光軸との角度は設計要素として変更することが可能であり、この角度を θ として、 $\lambda/2$ 板 13 の光軸と $\lambda/2$ 板 12 の光軸との角度のなす角度を、 $\theta \pm 45$ に設定する。図 3 では、 θ は 10° ($= 25^\circ - 15^\circ$) であって

、 $\lambda/2$ 板13の光軸と $\lambda/2$ 板12の光軸とのなす角度を、 $55^\circ = 10^\circ + 45^\circ$ に設定する。ここでは、 $\lambda/2$ 板12の光軸を $80^\circ (= 25^\circ + 55^\circ)$ に設定している。

【0066】

更に、 $\lambda/2$ 板12の光軸と $\lambda/4$ 板11の光軸とを直交させる。ここでは、 $\lambda/4$ 板11の光軸を $170^\circ (= 80^\circ + 90^\circ)$ に設定している。 $\lambda/2$ 板13と $\lambda/2$ 板12との組み合わせにより逆波長分散の $\lambda/4$ 板が実現する。ここで、 $\lambda/4$ 板と $\lambda/2$ 板は逆波長分散を有する $\lambda/4$ 板を実現するために量産が進んでおり単価が安い。

【0067】

ここまでは、各位相差板の面内位相差にのみ着目して述べたが、フィルムの厚さ方向の位相差が広い視野角を実現するために重要である。

厚さ方向の位相差は、面内の屈折率を n_x 、 n_y とし($n_x \geq n_y$)、厚さ方向の屈折率を n_z 、フィルムの厚さを d として、

$$((n_x + n_y) / 2 - n_z) : d$$

で表される。

【0068】

完全な一軸フィルム($n_y = n_z$)の場合には、負の位相差は面内位相差の $1/2$ である。図3の構成では、原理的な構成としては、 $\lambda/4$ 板11と $\lambda/4$ 板12aとで負の位相差を実現しているが、負の位相差の絶対値は個々の、 $\lambda/4$ 板11、12aの負の位相差の和で表される。このため、一軸フィルムを用いる場合には負の位相差は例えば $\lambda/4 (= \lambda/4 \div 2 \times 2)$ に限定されてしまう。我々は、積極的に二軸フィルムを採用し、この負の位相差の最適化を図った。液晶層の $\Delta n d$ を A 、 $\lambda/2$ 板12と $\lambda/4$ 板11との負の位相差の和を B として、 $0 \text{ nm} < A - B < 300 \text{ nm}$

に設定した。特に、 A を 300 nm 、 B を $220 \text{ nm} \pm 50 \text{ nm}$ に設計することにより、良好な特性を実現することができる。この良好な範囲については他の指標を導入することも可能である。

【0069】

$\lambda/4$ 板 1 の面に垂直な方向の位相差と液晶分子の位相差との差が 0 nm 以上、200 nm 以下であるときに良好な特性が得られる。同様に、 $\lambda/2$ 板 1 2、 $\lambda/4$ 板 1 1 の面に垂直な方向の位相差と液晶分子の位相差との差が 0 nm 以上、200 nm 以下であるときに良好な特性が得られる。

【0070】

$\lambda/4$ 板、 $\lambda/2$ 板については、その位相差は液晶表示装置のコントラストを左右する。通常、人間の目の感度は緑色光、それも 550 nm を中心とする光に対して反応する。このため、 $\lambda/2$ 板は $550 \text{ nm} / 2 = 275 \text{ nm}$ 、 $\lambda/4$ 板は $550 \text{ nm} / 4 = 137.5 \text{ nm}$ であることが望ましい。しかしながら、この条件から外れたとしても、コントラストの低下は問題になることはそれ程ない。

【0071】

図 6 は、 $\lambda/4$ 板の面内位相差がこの 137.5 nm から外れた時の正面コントラスト依存性を示す特性図である。

100 nm ~ 180 nm の範囲においては正面コントラストは略 5 以上が実現されている。反射型液晶表示装置の場合、コントラストが 5 以上であれば実際の使用上は問題ないと言える。このことから面内位相差の範囲を 100 nm ~ 180 nm の範囲に設定した。本実施形態において、この $\lambda/4$ の値の範囲についてはその原理は共通しており、 $\lambda/4$ 板とした場合には、この範囲で共通してほぼ良好な特性を得ることができた。

【0072】

同様に、 $\lambda/2$ 板について検証した結果を図 7 に示す。

$\lambda/2$ 板の理想的な位相差は 275 nm ではあるが、ここから外れた場合のコントラストを示す。位相差が 200 nm ~ 360 nm の範囲においては略 5 以上の正面コントラストが実現されている。反射型液晶表示装置の場合、コントラストが 5 以上であれば実際の使用上は問題ないと言える。このことから面内位相差の範囲を 200 nm ~ 360 nm の範囲に設定する。本実施形態において、この $\lambda/2$ の値の範囲についてはその原理は共通しており、 $\lambda/2$ 板とした場合には、この範囲で共通してほぼ良好な特性を得ることができる。

【0073】

この位相差としての値は、フィルムの位相差の差としての $\lambda/4$ 、 $\lambda/2$ の値についても共通している。例えば、 $\lambda/4$ 板と $\lambda/2$ 板との位相差の差は $\lambda/4$ であると本文中で述べているが、この値についても同様の議論が成り立つ。

【0074】

偏光板の吸収軸と液晶層の配向方向関係は、液晶ディスプレイの視野角特性に影響する。液晶層の $\Delta n d$ 、フィルムの面内位相差、特に、負の位相差板としての $\lambda/4$ 板 1、 $\lambda/4$ 板 1 1 の位相差に依存する。液晶層の配向方向を左右方向としたときの、視野角特性を上下右対称とさせる最適な偏光板の角度を図 8 に示す。液晶層の $\Delta n d$ を X とし、従来例として挙げた $\lambda/2$ 板 1 0 2 の負の位相差を Y とし、X と Y との差を横軸とした。ここで、負の位相差としては、図 1、3 に示したように $\lambda/4$ 板 1 と $\lambda/4$ 板 2 a とで、 $\lambda/4$ 板 1 1 と $\lambda/4$ 板 1 2 a とで構成される負の位相差もこの指標の元となる Y として作用する。

【0075】

図 8 にこの位相差の差と最適な偏光板の角度との関係を示す。最適角度は、最適角度 (°)

$$= (\text{液晶層の位相差 (nm)} - \text{フィルムの負の位相差 (nm)}) \cdot 22.5 / 300 - 7.5$$

にほぼ乗ることが判る。ここで、白表示を行うためには液晶層の位相差は $\lambda/4 = 137.5 \text{ nm}$ 程度以上は必要である。この場合、フィルムによる負の位相差を付与しないことを考えると計算上では約 2° となる。このことから、偏光板の設定角度は 0° 以上とすることが望ましいことが判る。また、白表示を行うためには液晶層の位相差は大きいことが有利である。 500 nm とすると 3 V 程度の低電圧で駆動可能である。ここでフィルムの負の位相差を 0 とすると偏光板の角度は 30° となる。本実施形態においては、これらの検証結果から偏光板の角度としては、 $0^\circ \sim 30^\circ$ の範囲に設定する。

【0076】

また、液晶層の位相差 (nm) とフィルムの負の位相差 (nm) との値については、その差が大きすぎると斜め視野角におけるコントラストが落ちて視野角特性が悪い。この差を 200 nm 以下とすることによって、全方位においてコント

ラストが3以上となる傾き角の範囲を $\pm 40^\circ$ とすることができる。

【0077】

以上説明したように、本実施形態によれば、明るい表示を実現できるとともに、視野角の広い液晶表示装置を実現することができる。

【0078】

(第2の実施形態)

表面に反射能を有する凸凹は次のようにして基板表面に形成する。まず、TF T基板(下ガラス基板)上に感光性樹脂(シプレーファースト製)を約 $1\mu\text{m}$ の厚さでスピコートする。プリベーク後、紫外線照射、1回目のベーク、2回目のベークを順次行い、平均傾斜角が 4.5° (サンプル1、比較例1)、 7.5° (サンプル2、比較例2)、 11.5° (サンプル3、比較例3)、 14.5° (サンプル4、比較例4)の凸凹を形成する。なお、凸凹の傾斜角制御は1回目のベークの時間を変えることにより行い、平均傾斜角は原子間力顕微鏡(AFM)を用いて測定する。その後、凸凹上にAlを蒸着して反射凹凸を形成する。

【0079】

次に、TF T基板及びCF基板(上ガラス基板)の表面に垂直配向膜(JSR社製)を塗布し、 $3\mu\text{m}$ 径のスペーサ(積水ファインケミカル社製)を散布して貼り合せを行う。この空パネルに、負の誘電異方性を有し、異常光と常光の屈折率差 Δn が0.0995である液晶(メルク・ジャパン社製)を注入してVAモードの反射型液晶表示装置を得る。

【0080】

図9及び図10に電圧無印加における液晶層の位相差と位相差板の位相差の見積り方法を、図11に液晶及び位相差板に光がZ軸から θ だけ傾いて入射した時の屈折率異方性の求め方を示す。

観測角度 0° 及び 45° に出射する光の入射角は平均傾斜角により規定されるが、液晶分子は上基板から下基板(反射板側)へ向かうに従って平均傾斜角だけ傾斜配向しているため、液晶への光の入射角は往路では上ガラス基板から下ガラス基板へ向かうに従って平均傾斜角分小さくなり、復路では下ガラス基板から上

ガラス基板へ向かうに従って平均傾斜角小さくなる。また、液晶は基板鉛直方向に正の屈折率異方性を有する屈折率楕円体と仮定し、光がZ軸方向から入射角だけ傾いて入射した時の屈折率異方性から電圧無印加における液晶層の位相差を求めた。

【0081】

表1に本実施形態で用いた位相差板の基板鉛直方向の位相差を、表2、表3に平均傾斜角 $3.5^\circ \sim 15.5^\circ$ の反射凹凸を適用した場合の電圧無印加における液晶層の位相差と位相差板の位相差を観測角度毎に計算した結果を示す。電圧無印加における液晶層の位相差は、観測角度 0° の場合、平均傾斜角 4.5° で 4.5 nm 、 7.5° で 12.6 nm 、 11.5° で 30.5 nm 、 14.5° で 50.1 nm となり、観測角度 45° の場合、平均傾斜角 4.5° で 98.3 nm 、 7.5° で 77.4 nm 、 11.5° で 56.5 nm 、 14.5° で 45.5 nm となる。

【0082】

【表1】

位相差板①～⑧の基板鉛直方向の位相差 (nm)

	位相差 ①	位相差 ②	位相差 ③	位相差 ④	位相差 ⑤	位相差 ⑥	位相差 ⑦	位相差 ⑧
Rf	47.5	103.6	132.8	154.3	175.1	195.1	248.1	288.4
Rf/Rlc	0.16	0.35	0.44	0.52	0.59	0.65	0.83	0.97

【0083】

【表 2】

電圧無印加における液晶層の位相差と位相差板の位相差の見積り結果(観測角度0°)

	平均 傾斜	液晶層	位相差 ①	位相差 ②	位相差 ③	位相差 ④	位相差 ⑤	位相差 ⑥	位相差 ⑦	位相差 ⑧
サンプル1	3.5	2.7	3.9	4.9	4.6	4.9	5.3	4.7	6.5	7.2
	4.5	4.5	4.4	5.9	5.9	6.5	7.0	6.6	8.9	10.0
	5.5	6.7	4.9	7.2	7.5	8.4	9.2	9.0	12.0	13.6
	6.5	9.4	5.6	8.7	9.5	10.7	11.8	11.9	15.7	17.9
サンプル2	7.5	12.6	6.5	10.5	11.8	13.3	14.8	15.3	20.0	22.9
	8.5	16.3	7.4	12.6	14.5	16.4	18.3	19.3	25.0	28.7
	9.5	20.5	8.5	15.0	17.5	20.0	22.3	23.7	30.7	35.3
サンプル3	10.5	25.2	9.7	17.6	20.9	23.9	26.8	28.7	37.0	42.6
	11.5	30.5	11.1	20.5	24.7	28.3	31.7	34.2	44.0	50.8
	12.5	36.4	12.6	23.8	28.8	33.1	37.2	40.3	51.8	59.8
サンプル4	13.5	42.9	14.2	27.3	33.4	38.4	43.2	47.0	60.3	69.7
	14.5	50.1	16.0	31.2	38.3	44.2	49.8	54.3	69.6	80.5
	15.5	57.9	17.9	35.5	43.8	50.5	56.9	62.3	79.7	92.3

【0084】

【表 3】

電圧無印加における液晶層の位相差と位相差板の位相差の見積り結果(観測角度45°)

	平均 傾斜	液晶層	位相差 ①	位相差 ②	位相差 ③	位相差 ④	位相差 ⑤	位相差 ⑥	位相差 ⑦	位相差 ⑧
サンプル1	3.5	106.4	25.0	47.3	64.1	73.7	83.0	90.2	104.6	123.6
	4.5	98.3	23.8	44.6	62.0	71.3	80.3	87.1	101.8	119.0
	5.5	90.8	22.7	42.2	60.1	69.0	77.6	84.2	98.6	114.7
	6.5	83.9	21.7	40.1	58.2	66.8	75.2	81.4	95.8	110.6
サンプル2	7.5	77.4	20.9	38.3	56.4	64.7	72.8	78.8	93.2	106.7
	8.5	71.5	20.2	36.8	54.7	62.7	70.5	76.3	90.7	103.0
	9.5	66.0	19.6	35.5	53.0	60.8	68.4	73.9	88.3	99.4
サンプル3	10.5	61.0	19.1	34.4	51.5	59.1	66.4	71.7	86.1	96.1
	11.5	56.5	18.7	33.6	50.1	57.4	64.5	69.6	84.0	93.0
	12.5	52.4	18.5	33.1	48.7	55.9	62.7	67.6	82.0	90.1
サンプル4	13.5	48.7	18.4	32.9	47.5	54.4	61.1	65.7	84.6	87.4
	14.5	45.5	18.4	32.8	46.3	53.0	59.5	64.0	82.4	84.8
	15.5	42.8	18.5	33.1	45.2	51.8	58.1	62.4	80.4	82.5

【0085】

また、位相差板は基板鉛直方向に負の屈折率異方性を有する屈折率楕円体と仮

定し、液晶と同様に光がZ軸方向から入射角だけ傾いて入射した時の屈折率異方性から求めた。観測角度 0° 及び 45° に出射する光の入射角は平均傾斜角により規定されるが、位相差板は液晶のように傾斜配向しないため、入射角はそのままの値を用いることができる。

【0086】

なお、位相差板は基板鉛直方向にそれぞれ①47nm②104nm③133nm④154nm⑤175nm⑥195nm⑦248nm⑧288nmの位相差を有している。①～⑧の位相差板は表1に示したような位相差を有しており、観測角度 0° の場合、平均傾斜角 4.5° で最適な位相差板は①、 7.5° では④、 11.5° では⑤、 14.5° では⑤となる。一方、観測角度 45° の場合、平均傾斜角 4.5° で最適な位相差板は⑦、 7.5° では⑥、 11.5° では④、 14.5° では③となる。観測角度 0° の場合にそれぞれの平均傾斜角で最適な位相差板を適用すると、観測角度 45° では補償条件がずれることとなり、その位相差は平均傾斜角 4.5° で74.5nm、 7.5° で12.7nm、 11.5° で8.0nm、 14.5° で14.0nmとなる。一方、観測角度 45° の場合にそれぞれの平均傾斜角で最適な位相差板を適用すると、観測角度 0° では補償条件がずれることとなり、その位相差は平均傾斜角 4.5° で4.4nm、 7.5° で2.7nm、 11.5° で2.2nm、 14.5° で11.8nmとなる。

【0087】

観測角度によって最適な位相差が大きく異なる場合、電圧無印加における液晶層の位相差が大きい方を優先して位相差板を選択しないと、特定角度で光もれが大きくなり、コントラスト特性を大きく損なう事になる。従って、平均傾斜角 4.5° で最適な位相差板は⑦、 7.5° では⑥、 11.5° では④、 14.5° では③もしくは⑤とするのが好ましい。

【0088】

従って、補償に必要な最適位相差を液晶層のセル厚と複屈折率差により求まる位相差 R_{lc} との比で示すと、平均傾斜角 4.5° では0.83、 7.5° では0.65、 11.5° では0.52、 14.5° では0.44もしくは0.59

となる。 Rf/Rlc の値は反射凹凸の平均傾斜角によって変動し、また最適な位相差から10%程度のずれであれば十分な補償効果が期待できることから、平均傾斜角が略 $4^{\circ} \sim 6^{\circ}$ であれば $0.6 \leq Rf/Rlc \leq 0.9$ 、略 $7^{\circ} \sim 9^{\circ}$ であれば $0.5 \leq Rf/Rlc \leq 0.8$ 、略 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ であれば $0.4 \leq Rf/Rlc \leq 0.7$ となる。

【0089】

ここで、平均傾斜角は整数値で示しているが、小数点以下があれば四捨五入すればよく、平均傾斜角 $4^{\circ} \sim 6^{\circ}$ は $3.5^{\circ} \sim 6.5^{\circ}$ と同意である。最適な位相差から $\pm 10\%$ までのずれを最適な位相差範囲とすると、平均傾斜角 3.5° で略 $225\text{ nm} \sim 275\text{ nm}$ ($0.75 \sim 0.92$)、 6.5° で略 $180\text{ nm} \sim 220\text{ nm}$ ($0.60 \sim 0.74$)となり、平均傾斜角が略 $4^{\circ} \sim 6^{\circ}$ で最適な位相差範囲は $0.6 \leq Rf/Rlc \leq 0.9$ となる。

【0090】

ここで、平均傾斜角は小数点1桁の値で示しているが、小数点2桁以下であれば四捨五入すれば良く、 $0.6 \leq Rf/Rlc \leq 0.9$ は $0.55 \leq Rf/Rlc \leq 0.94$ と同意である。

【0091】

同様に、平均傾斜角 9.5° で最適な位相差範囲は略 $140\text{ nm} \sim 195\text{ nm}$ ($0.47 \sim 0.65$)となり、平均傾斜角が略 $7^{\circ} \sim 9^{\circ}$ で最適な位相差範囲は $0.5 \leq Rf/Rlc \leq 0.8$ となる。同様に、平均傾斜角 15.5° で最適な位相差範囲は略 $120\text{ nm} \sim 195\text{ nm}$ ($0.40 \sim 0.65$)となり、平均傾斜角が略 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ で最適な位相差範囲は $0.4 \leq Rf/Rlc \leq 0.7$ となる。

【0092】

このようにして求めた位相差に一軸延伸された位相差板を、直交配置で偏光板と液晶表示素子との間に積層することにより構成する。即ち、平均傾斜角 4.5° で最適な位相差は 248 nm 程度であることから、サンプル1では基板面内方向に 260 nm 、基板鉛直方向に 125 nm の位相差を有する位相差板(住友化学製、 Nz 係数 $=0.94$)を、平均傾斜角 7.5° で最適な位相差は 195 nm

m程度であることから、サンプル2では基板面内方向に220 nm、基板鉛直方向に97.9 nmの位相差を有する位相差板（住友化学製、Nz係数=0.94）を、平均傾斜角11.5°で最適な位相差は154 nm程度であることから、サンプル3では基板面内方向に165 nm、基板鉛直方向に75.1 nmの位相差を有する位相差板（住友化学製、Nz係数=0.96）を、平均傾斜角14.5°で最適な位相差は133 nm程度であることから、サンプル4では基板面内方向に150 nm、基板鉛直方向に66.4 nmの位相差を有する位相差板（住友化学製、Nz係数=0.94）をそれぞれ直交配置で偏光板と液晶表示素子の間に積層すればよい。

【0093】

但し、図12にシリコン示すように、反射型液晶表示装置に用いられる位相差板は、これ以外に広帯域 $\lambda/4$ 板として基板面内方向に可視光波長の略1/2の位相差を有する位相差板（ $\lambda/2$ 板）と略1/4の位相差を有する位相差板（ $\lambda/4$ 板）が必要であり、直交配置で積層する補償板を含めると都合4枚の位相差板が必要になる。積層枚数が多くなると安価な位相差板を用いてもメリットが少なくなるため、実施例では $\lambda/4$ 板と補償板の一方を一体化して3枚構成とする。

【0094】

即ち、 $\lambda/4$ 板の基板面内方向の位相差は135 nm程度であるが、これに補償板1枚分の位相差を加えれば一体化が可能であり、平均傾斜角4.5°で395 nm、7.5°で355 nm、11.5°で300 nm、14.5°で285 nmとなる。一体化した位相差板は平均傾斜角4.5°で基板面内方向に400 nm、基板鉛直方向に178 nmの位相差を有する位相差板（サンプル1、住友化学製、Nz係数=0.94）を、7.5°で基板面内方向に350 nm、基板鉛直方向に155 nmの位相差を有する位相差板（サンプル2、住友化学製、Nz係数=0.94）を、11.5°で基板面内方向に300 nm、基板鉛直方向に133 nmの位相差を有する位相差板（サンプル3、住友化学製、Nz係数=0.94）を、14.5°で基板面内方向に288 nm、基板鉛直方向に128 nmの位相差を有する位相差板（サンプル4、住友化学製、Nz係数=0.94）

) をそれぞれ用いる。

【0 0 9 5】

ここで、一体化した位相差板は基板鉛直方向に位相差を有しているが、電圧無印加における液晶層の位相差を補償するのに有効な位相差は略補償板に該当する位相差である。これは広帯域 $\lambda/4$ 板に入射する光は遅相軸に対して略 45° 方位から直線偏光で入射するが、補償板に入射する光は遅相軸に対して方位依存のない円偏光で入射するからである。即ち、一軸延伸された位相差板の基板鉛直方向の位相差は方位依存性があり、遅相軸方位に対しては有効に作用するが、遅相軸方位から大きく外れるとあまり有効に作用しなくなる。偏光板吸収軸を 15° 方位、 $\lambda/2$ 位多値相軸を 25° 方位、一体型位相差板 ($\lambda/4$ 板+補償板①) 遅相軸を 80° 方位、補償板②を 170° 方位、液晶のラビング角度を 0° 方位として順次積層配置し、反射型液晶表示装置を得る。

【0 0 9 6】

また、比較例として補償板を二軸延伸の位相差板で構成し、斜め入射した光が反射板に到達した時に円偏光となるように、即ち往路で位相差板と液晶層で発生する位相差が等しくなるように位相差を設定した反射型液晶表示装置を作製する。表4、表5に平均傾斜角 $3.5^\circ \sim 15.5^\circ$ の反射凹凸を適用した場合の往路における液晶層の位相差と位相差板の位相差を観測角度毎に計算した結果を示す。

【0 0 9 7】

【表 4】

往路における液晶層の位相差と位相差板の位相差の見積り結果(観測角度0°)

	平均 傾斜	液晶層	位相差 ①	位相差 ②	位相差 ③	位相差 ④	位相差 ⑤	位相差 ⑥	位相差 ⑦	位相差 ⑧
比較例1	3.5	2.3	3.9	4.9	4.6	4.9	5.3	4.7	6.5	7.2
	4.5	3.9	4.4	5.9	5.9	6.5	7.0	6.6	8.9	10.0
	5.5	5.8	4.9	7.2	7.5	8.4	9.2	9.0	12.0	13.6
	6.5	8.2	5.6	8.7	9.5	10.7	11.8	11.9	15.7	17.9
比較例2	7.5	11.0	6.5	10.5	11.8	13.3	14.8	15.3	20.0	22.9
	8.5	14.2	7.4	12.6	14.5	16.4	18.3	19.3	25.0	28.7
	9.5	18.0	8.5	15.0	17.5	20.0	22.3	23.7	30.7	35.3
比較例3	10.5	22.1	9.7	17.6	20.9	23.9	26.8	28.7	37.0	42.6
	11.5	26.8	11.1	20.5	24.7	28.3	31.7	34.2	44.0	50.8
	12.5	32.0	12.6	23.8	28.8	33.1	37.2	40.3	51.8	59.8
比較例4	13.5	37.8	14.2	27.3	33.4	38.4	43.2	47.0	60.3	69.7
	14.5	44.2	16.0	31.2	38.3	44.2	49.8	54.3	69.6	80.5
	15.5	51.3	17.9	35.5	43.8	50.5	56.9	62.3	79.7	92.3

【0098】

【表 5】

往路における液晶層の位相差と位相差板の位相差の見積り結果(観測角度45°)

	平均 傾斜	液晶層	位相差 ①	位相差 ②	位相差 ③	位相差 ④	位相差 ⑤	位相差 ⑥	位相差 ⑦	位相差 ⑧
比較例1	3.5	44.8	9.8	17.8	28.0	32.2	36.2	39.1	50.3	58.1
	4.5	38.9	8.6	15.1	25.9	29.7	33.4	36.1	46.4	53.6
	5.5	33.5	7.5	12.7	23.9	27.4	30.8	33.2	42.7	49.2
	6.5	28.6	6.5	10.6	22.0	25.2	28.3	30.4	39.1	45.1
比較例2	7.5	24.1	5.7	8.8	20.2	23.1	25.9	27.7	35.8	41.2
	8.5	20.1	5.0	7.3	18.5	21.1	23.7	25.2	32.6	37.5
	9.5	16.6	4.4	6.0	16.9	19.3	21.5	22.8	29.6	34.0
比較例3	10.5	13.4	3.9	4.9	15.4	17.5	19.5	20.6	26.7	30.7
	11.5	10.7	3.6	4.2	14.0	15.8	17.6	18.5	24.0	27.6
	12.5	8.4	3.3	3.6	12.6	14.3	15.9	16.5	21.5	24.6
比較例4	10.5	6.4	3.2	3.4	11.4	12.8	14.2	14.7	19.2	21.9
	11.5	4.9	3.2	3.3	10.2	11.5	12.7	13.0	17.0	19.4
	12.5	3.7	3.3	3.6	9.1	10.2	11.2	11.4	15.0	17.0

【0099】

往路において液晶層で発生する位相差は観測角度0°の場合、平均傾斜角4.5°で3.9nm、7.5°で11.0nm、11.5°で26.8nm、14

・ 5° で 44.2 nm となり、観測角度 45° の場合、平均傾斜角 4.5° で 38.9 nm、7.5° で 24.1 nm、11.5° で 10.7 nm、14.5° で 4.9 nm となる。従って、観測角度 0° の場合、平均傾斜角 4.5° で最適な位相差板は①、7.5° では②、11.5° では④、14.5° では④となる。一方、観測角度 45° の場合、平均傾斜角 4.5° で最適な位相差板は⑥、7.5° では④、11.5° では③、14.5° では②となる。

【0100】

・ 観測角度によって最適な位相差が大きく異なる場合、電圧無印加における液晶層の位相差が大きい方を優先して位相差板を選択しないと、特定角度で光もれが大きくなり、コントラスト特性を大きく損なうことになる。従って、平均傾斜角 4.5° で最適な位相差板は⑥、7.5° では④、11.5° では③、14.5° では④とするのが好ましい。実施形態としては、平均傾斜角 4.5° で最適な位相差板は⑦、7.5° では⑥、11.5° では④、14.5° では③もしくは⑤としているため、最適な位相差板が各々ずれていることが判る。

【0101】

・ 従って、平均傾斜角 4.5° では基板面内方向に 3 nm、基板鉛直方向に 195 nm の位相差を有する位相差板（比較例 1、住友化学製、Nz 係数 = 102）を、7.5° 及び 14.5° では基板面内方向に 3 nm、基板鉛直方向に 155 nm の位相差を有する位相差板（比較例 2、4、住友化学製、Nz 係数 = 102）を、11.5° では基板面内方向に 3 nm、基板鉛直方向に 133 nm の位相差を有する位相差板（比較例 3、住友化学製、Nz 係数 = 102）をそれぞれ補償板として用いる。

【0102】

・ 各サンプル及び各比較例で作製した反射型液晶表示装置は拡散光源を用いて、観測方位 90°、観測角度 0° 及び 45° で全白全黒表示におけるコントラスト比を測定した。その結果を表 6、表 7 に示す。サンプル 1～4 ではいずれの観測角度でもコントラスト比は略 25 以上（但し、平均傾斜角 14.5° では観測角度 45° を優先させているため、観測角度 0° におけるコントラスト比は 20 となる。）であり、略全ての角度に対して良好なコントラスト特性を示している。

一方、比較例 1～4 では観測角度 45° でコントラスト比は略 22 以下となり、実施例に比較して略 15 % コントラスト比が低下している。これは、比較例では最適な位相差の見積りが略 15 % ずれているためである。

【0103】

【表 6】

サンプル1～4のコントラスト比

観測角度	実施例1 4.5°	実施例2 7.5°	実施例3 11.5°	実施例4 14.5°
0°	27	25	25	20
45°	26	25	25	26

【0104】

【表 7】

比較例1～4のコントラスト比

観測角度	従来例1 4.5°	従来例2 7.5°	従来例3 11.5°	従来例4 14.5°
0°	27	25	25	22
45°	22	21	21	22

【0105】

以上説明したように、本実施形態によれば、視角依存が少なく、かつコントラスト比の高い表示が得られるため、室内環境のように比較的暗い場所でも見やすい表示となる。これにより反射型液晶表示装置の適用範囲が更に広がり、市場拡大に多大に貢献する。

【0106】

(第 3 の実施形態)

図 13 は、偏光板単体の構成と測定方法を示す斜視図である。

反射板上に偏光板（住友化学製）を吸収軸が 0° 方位（透過軸が 90° 方位）となるよう配置し、 30° 入射で方位角を振って反射強度を測定した。ここで反射板はガラス基板上にレジスト（シプレー製）を用いて凹凸を形成し、その表面にアルミ膜を蒸着したものである。なお、偏光板による方位角特性をみるため、

反凹凸の傾斜面が無作為な方位に向いた無指向性反射板とした。

【0 1 0 7】

図 1 4 は偏光板単体の方位角特性を示す特性図である。

偏光板の吸光特性から吸収軸方位で反射強度極小、透過軸方位で反射強度極大となっている。

【0 1 0 8】

一方、図 1 5 は偏光板 + $\lambda/4$ の構成と測定方法を示す斜視図である。

可視光波長の $1/4$ の波長を有する位相差板（住友化学製、低波長分散フィルム、面内位相差 1 3 8 n m）を、遅相軸と吸収軸のなす角が 45° になるよう偏光板と反射板の間に配置し、 30° 射 0° 受光で方位角を振って反射強度を測定した。

【0 1 0 9】

図 1 6 は偏光板 + $\lambda/4$ の方位角特性を示す特性図である。

本来、位相差板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角が 45° となるよう配置されていれば、透過軸方位から入射した直線偏光は 90° 回転して偏光板吸収軸と平行になるため、透過軸方位と吸収軸方位で反射強度極小となるはずである。しかし、実際はそれぞれの方位から略 -15° ずれた方位で反射強度極小となっている。

【0 1 1 0】

図 1 7 は、図 1 5 と同様の構成において入射角と方位角を振って反射強度を測定し、入射角毎の方位角特性を示す特性図である。

$\theta_1 = 10^\circ$ までであれば方位ずれによる反射強度の増加は小さいが、 θ_1 がそれより大きくなると方位ずれによる反射強度の増加が大きくなり、C R が低下してしまう。これは入射角が大きくなると位相差のずれが大きくなり、偏光方位が 90° 回転からずれてゆくためである。

【0 1 1 1】

図 1 8 は、図 1 5 と同様の構成において観測方位を 270° に固定し、入射角と軸配置の回転角を振って反射強度を測定した場合の入射角特性を示す特性図である。

ここで、観測方位を 270° に固定したのは観測方位すなわち反射凹凸により反射強度大となる方位（指向性方位）を 90° と 270° 方位とし、その方位において、反射強度が極小となる軸配置の回転角を求めるためである。一方、偏光方位のずれと逆方位に $+15^\circ$ 軸配置を回転させると、偏光方位のずれ分オフセットがかかるので、偏光方位は偏光板吸収軸と略平行となり、全ての入射角範囲において反射強度が極小となる。但し、 $0^\circ \sim 25^\circ$ の範囲内であれば、回転前に比べて反射強度は小さくなっており、改善効果が期待できる。

【0 1 1 2】

図 19 は、図 15 の構成から軸配置を $+15^\circ$ 回転させ、 30° 入射で方位角を振って反射強度を測定した場合の方位角特性を示す特性図である。

ここでは、軸配置を $+15^\circ$ 回転させることにより指向性方位で反射強度極小となっている。

【0 1 1 3】

図 20 は、図 19 と同様にしてコントラスト比（CR）を測定し、その方位角特性を示す特性図である。

軸配置を $+15^\circ$ 回転させると透過軸方位は指向性方位から $+15^\circ$ ずれるため、白表示の反射強度は幾分低下するが、低下比率は僅かであり、指向性方位でコントラスト比は極大となっている、従って、偏光板及び基板面内方向に可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する位相差板を、反射強度極大となる方位 ϕ と偏光板吸収軸 P のなす角が略 $65^\circ \sim 90^\circ$ 、位相差板遅相軸 F_1 と P のなす角が略 45° となるよう配置すれば、指向性方位でコントラスト比が改善して、見やすい表示が実現できる。ここで ϕ と P のなす角を $65^\circ \sim 90^\circ$ としたのは、実施形態としては 75° が最適であるが、この範囲であれば回転前に比べて反射強度が小さくなり、改善効果が期待できるからである。

【0 1 1 4】

図 21 は、可視光波長の $1/4$ 波長を有する位相差板を、遅相軸と吸収軸のなす角が 135° になるように偏光板と反射板の間に配置し、 30° 入射 0° 受光で方位角を振って反射強度を測定した場合の方位角特性を示す特性図である。

遅相軸と吸収軸のなす角が 135° になると、偏光方位は 45° の場合と逆方

位にずれるため、それぞれの方位から $+15^\circ$ ずれた方位で反射強度極小となっている。そこで、軸配置を -15° 回転させれば指向性方位で反射強度極小となる。

【0 1 1 5】

図 2 2 は、観測方位を 270° に固定し、入射角と軸配置の回転角を振って反射強度を測定した場合の入射角特性を示す特性図である。

ずれと逆方位に -15° 軸配置を回転させればもれ光は極小となり、 $-25^\circ \sim 0^\circ$ の範囲であれば回転前に比べて反射強度は小さくなり、改善効果が期待できる。従って、偏光板及び基板面内方向に可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する位相差板を、反射強度極大となる方位 ϕ と偏光板吸収軸 P のなす角が略 $90^\circ \sim 115^\circ$ 、位相差板遅相軸 F_1 と P のなす角が略 135° となるよう配置すれば、指向性方位でコントラスト比は改善して表示が見やすくなる。ここで ϕ と P のなす角を $90^\circ \sim 115^\circ$ 以下としたのは、実施形態としては 105° が最適であるが、この範囲であれば軸回転前に比べて反射強度は小さくなり、改善効果が期待できるからである。

【0 1 1 6】

図 2 3 は、偏光板+広帯域 $\lambda/4$ の構成と測定方法を示す斜視図である。

$\lambda/2$ 板の遅相軸と偏光板吸収軸のなす角を $0^\circ \sim 25^\circ$ となるようにそれぞれを配置し、 30° 入射で方位角を振って反射強度を測定した。ここで、広帯域 $\lambda/4$ とは、略 $1/4$ 波長の位相差を有する第 1 の位相差板（住友化学製：面内位相差 $128\text{ nm} \sim 138\text{ nm}$ ）と可視光波長の略 $1/2$ 波長の位相差を有する第 2 の位相差板（住友化学製：面内位相差 $265\text{ nm} \sim 280\text{ nm}$ ）とを積層したものである。

【0 1 1 7】

図 2 4 は、 $\lambda/2$ 板と $\lambda/4$ 板の組み合わせ毎に $\lambda/2$ 板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角を変化させ、 270° 方位で反射強度がどのように変化するかを示す特性図である。

275 nm と 138 nm の組み合わせでは、 $\lambda/2$ 板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角を 5° にすることにより指向性方位で反射強度が極小となる。ここで、 λ

／4板の軸配置について言及していないが、透過軸方位から入射した直線偏光が $\lambda/2$ 板を対称軸にして偏光方位を回転し、その方位が $\lambda/4$ 板遅相軸に対して 45° もしくは 135° となるよう $\lambda/4$ 板を配置すればよい。例えば、 $\lambda/2$ 板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角が 10° の場合、 $\lambda/4$ 板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角は 65° もしくは 155° となる。一方、 265 nm と 138 nm 、 275 nm と 148 nm の組み合わせでは、 $\lambda/2$ 板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角が 10° で反射強度が極小となり、用いる位相差板の組み合わせにより最適な角度は異なっている。但し、 $0^\circ \sim 20^\circ$ までの範囲内であれば、 $\lambda/4$ 板単体に比べて反射強度が小さくなっており、改善効果が期待できる。

【0118】

従って、この位相差板を可視光波長の略 $1/4$ の位相差を有する第1の位相差板と、略 $1/2$ の位相差を有する第2の位相差板で構成し、第2の位相差板遅相軸 F_{12} と偏光板吸収軸 P とのなす角が略 $0^\circ \sim 20^\circ$ 、第1の位相差板遅相軸 F_{11} と F_{12} とのなす角が略 $45^\circ \sim 65^\circ$ （合成ベクトルの遅相軸を略 45° とする場合）、もしくは $135^\circ \sim 155^\circ$ （合成ベクトルの遅相軸を略 135° とする場合）となるように配置すれば、指向性方位でコントラスト比が改善して表示が見やすくなる。ここで F_{12} と吸収軸 P とのなす角を $0^\circ \sim 20^\circ$ としたのは、用いる位相板の位相差が 10 nm 程度ずれると最適角度の範囲は 5° 程度ずれ、この範囲内であれば、 $\lambda/4$ 板単体に比べて反射強度が小さくなっており、改善効果が期待できるからである。

【0119】

図25は、一軸延伸フィルムを積層した場合の軸配置を示す斜視図である。

ここで用いた一軸延伸フィルムは、 138 nm の面内位相差を有する $\lambda/4$ 板（住友化学製）であり、基板鉛直方向に $60\text{ nm} \sim 90\text{ nm}$ の位相差を有している。

【0120】

図26は、偏光板＋ $\lambda/4$ ＋補償板の構成と測定方法を示す斜視図である。

補償板として $\lambda/4$ 板をその遅相軸が 0° と 90° になるように積層配置し、 30° 入射で方位角を振って反射強度を測定した。また、比較例として面内位相

差が 2 ～ 3 nm、基板鉛直方向の位相差が 1 5 0 nm である二軸延伸フィルム（住友化学製）を補償板に用いたものと補償板を用いないものについても同様に測定した。

【0 1 2 1】

図 2 7 は、補償板毎の方位角特性を示す特性図である。

一軸延伸フィルムを補償板として用いた場合、遅相軸と異なる方位では光もれが大きく、遅相軸方位すなわち指向性方位では反射強度極小となって、二軸延伸された位相差板と同等の補償効果を示している。反射凹凸により指向性方位以外の反射強度を小さくすれば、もれ光は目立たなくなる。

【0 1 2 2】

図 2 8 は、観測方位を 270° に固定し、入射角及び一軸延伸フィルムの遅相軸と指向性方位のなす角を振って反射強度を測定した場合の入射角特性を示す特性図である。

なす角が 0° で反射強度極小となるが、 30° までであれば補償なしの場合に比べて改善効果が期待できる。従って、該位相差板より液晶層側に基板鉛直方向及び基板面内方向に位相差を有する他の位相差板を、反射強度極大となる方位 ϕ と少なくとも一方の位相差板遅相軸 F_2 のなす角が略 $0^\circ \sim 30^\circ$ となるように積層して配置すれば、斜め入射による液晶層の位相差をキャンセルできるため指向性方位でコントラスト比が改善して表示が見やすくなる。ここで該位相差板を液晶層側に配置するのは、液晶層の位相差を他の位相差板の影響を受けずにキャンセルするためであり、 ϕ と F_2 のなす角を $0^\circ \sim 30^\circ$ とするのは、実施形態としては 0° が最適であるが、 $0^\circ \sim 30^\circ$ の範囲であれば指向性方位でコントラスト比の改善が期待できるからである。

【0 1 2 3】

図 2 9 は、反射凹凸が形成されていない基板側の液晶配向を指向性方位に対して $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で振り、図 2 8 と同様に極角方向の反射強度を測定した結果を示す特性図である。

液晶の配向方位と指向性方位とのなす角が 90° で反射強度が極小となるが、 45° 以上であれば平行配向の場合と比べて十分な改善効果が期待できる。

【0 1 2 4】

図 3 0 は、本実施形態で用いた指向性反射板の平面形状を示す模式図である。

指向性反射板は、ガラス基板上にレジストを用いて突起状に連続した凹凸を形成し、その表面にアルミ膜を蒸着したものである。反射凹凸の傾斜面は略指向性方位（ 90° 方位と 270° 方位）に向いており、この方位で反射強度極大となる。反射凹凸は導電突起として作用するため、液晶が初期傾斜する方位と斜め電界により傾斜配向する方位は逆になり、液晶は指向性方位と略 90° 異なる方位に配向する。指向性反射板と無指向性反射板を用いて反射型液晶表示素子を作製した。ここでラビング処理は対向基板のみ 0° 方位に行い、負の誘電率異方性を有する液晶（メルク製）を注入した。

【0 1 2 5】

図 2 6 に示した構成で偏光板、位相差板、反射型液晶素子を積層配置し、指向性方位かつ 30° 入射でコントラスト比を測定した。指向性反射板を用いた反射型液晶表示装置のコントラスト比は無指向性反射板を用いたその略 1.5 倍となった。指向性反射板を用いた反射型液晶表示装置では反射凹凸により液晶が傾斜配向する方位とラビングにより液晶が傾斜配向する方位が 90° 異なっているため、初期配向した液晶の位相差がキャンセルされるのに対し、無指向性反射板を用いたそれでは反射凹凸により液晶が傾斜配向する方位がランダムとなるため、初期配向した液晶の位相差はキャンセルされない。これがコントラスト比に大きく影響している。

【0 1 2 6】

また、 $\lambda/4$ 板を外して配向観察を行ったところ、指向性反射板を用いた反射型液晶表示装置は配向方位が略同じ方位を向いているのに対し、無指向性反射板を用いたそれでは ϕ ぶれと呼ばれる配向方位のぶれが発生していた。これは指向性反射板により配向規制力が発生し、配向安定性が向上したことを示している。

【0 1 2 7】

図 3 1 は、本実施形態で用いたスリット付き指向性反射板の平面形状を示す模式図である。

指向性反射板はガラス基板上に透明樹脂（J S R 製）を用いて突起状に連続し

た凹凸を形成し、凹部に幅 $3\ \mu\text{m}$ のスリットを残してアルミ膜を蒸着したものである。ここでスリットを凹部に形成するのは、この領域では反射強度が低く、かつ透過領域に必要なセル厚を稼げるからであり、スリット幅を $3\ \mu\text{m}$ とするのは斜め電界が発生する領域を狭くして、液晶が傾斜面と垂直方位に配向しないようにするためである。

【0128】

スリット付き指向性反射板を用いて反射型透過型液晶表示装置を作製した。ここでラビング処理は対向基板のみ 0° 方位に行い、負の誘電率異方性を有する液晶を注入した。 $\lambda/4$ 板を外して配向観察を行ったところ、スリット上及びその近傍の配向方位は略同じ方位を向いており、指向性反射板にスリットを形成しても ϕ ぶれは発生しなかった。

【0129】

以上説明したように、本実施形態による反射型液晶表示装置では、反射凹凸により反射強度極大となる方位でコントラストを極大にできるため、室内環境の如く特定方位から光が入射する場合でも、見易い表示が実現できる。

【0130】

以下、本発明の諸態様について付記としてまとめて記載する。

【0131】

(付記1) 入射光を反射させる反射層と、
前記反射層上に設けられた液晶層と、
前記液晶層の前面に設けられた光学補償板と
を含み、

前記光学補償板は、前記液晶層に近い側から、第1の位相差板、第2の位相差板及び偏光板の積層構造を有してなり、

前記第1及び第2の位相差板は、それぞれ一軸異方性を有しており、両者の重ね合わせにより $1/4$ 波長板の機能と負の位相差板の機能とを合成的に生成することを特徴とする液晶表示装置。

【0132】

(付記2) 前記光学補償板は、前記第2の位相差板上に $1/2$ 波長板を更に有

することを特徴とすることを特徴とする付記 1 に記載の液晶表示装置。

【0 1 3 3】

(付記 3) 前記偏光板の吸収軸と前記第 2 の位相差板の光軸とのなす角が略 45° であり、

前記第 2 の位相差板の面内位相差と前記第 1 の位相差板の面内位相差との差が $1/4$ 波長とされており、

前記第 2 の位相差板の光軸と前記第 1 の位相差板の光軸とが略直交することを特徴とする付記 1 に記載の液晶表示装置。

【0 1 3 4】

(付記 4) 前記第 1 の位相差板の面に垂直な方向の位相差と前記液晶層の位相差との差が $0\text{ nm} \sim 200\text{ nm}$ の範囲内にあることを特徴とする付記 3 に記載の液晶表示装置。

【0 1 3 5】

(付記 5) 前記 $1/2$ 波長板の光軸と前記偏光板の吸収軸とのなす角を θ として、前記 $1/2$ 波長板の光軸と前記第 2 の位相差板の光軸とのなす角が略 $\theta + 45$ であり、

前記第 2 の位相差板の面内位相差と前記第 1 の位相差板の面内位相差との差が $1/4$ 波長とされており、

前記第 2 の位相差板の光軸と前記第 1 の位相差板の光軸とが略直交することを特徴とする付記 2 に記載の液晶表示装置。

【0 1 3 6】

(付記 6) 前記第 1 及び第 2 の位相差板の面に垂直な方向の位相差の和と前記液晶層位相差との差が $0\text{ nm} \sim 200\text{ nm}$ の範囲内にあることを特徴とする付記 5 に記載の液晶表示装置。

【0 1 3 7】

(付記 7) 前記偏光板の吸収軸が前記液晶層の液晶分子の配向方向又は電圧印加時における前記液晶層の液晶分子の傾斜方向に対して $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の範囲内の角度をなすことを特徴とする付記 3 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【0 1 3 8】

(付記 8) 前記第 1 の位相差板の面内位相差が $1/4$ 波長であることを特徴とする付記 3～7 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【0139】

(付記 9) 前記第 1 の位相差板の面内位相差が $100\text{ nm} \sim 180\text{ nm}$ の範囲内であり、前記第 2 の位相差板の面内位相差が $200\text{ nm} \sim 360\text{ nm}$ の範囲内であることを特徴とする付記 8 に記載の液晶表示装置。

【0140】

(付記 10) 前記液晶層の配向がねじれネマチック配向又は垂直配向であることを特徴とする付記 1～9 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【0141】

(付記 11) 入射光を反射させる反射層と、
前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、
前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と
を含み、
前記反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 $4^\circ \sim 6^\circ$ の範囲内の値であるとともに、
前記位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f/R_{lc} が $0.6 \sim 0.9$ の範囲内の値であることを特徴とする液晶表示装置。

【0142】

(付記 12) 入射光を反射させる反射層と、
前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、
前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と
を含み、
前記反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 $7^\circ \sim 9^\circ$ の範囲内の値であるとともに、
前記位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f/R_{lc} が $0.5 \sim 0.8$ の範囲内の値であることを特徴とする液晶表示装置。

【0 1 4 3】

(付記 1 3) 入射光を反射させる反射層と、
前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、
前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と
を含み、
前記反射層は、表面に凹凸が形成されており、前記凹凸の平均傾斜角が略 1 0
° ～ 1 5 ° の範囲内の値であるとともに、
前記位相差板は、表面に対する鉛直方向に負の屈折率異方性を有し、その位相
差 R_f と液晶層の位相差 R_{lc} との比 R_f / R_{lc} が 0. 4 ～ 0. 7 の範囲内の
値であることを特徴とする液晶表示装置。

【0 1 4 4】

(付記 1 4) 前記位相差板の x 方向、y 方向、z 方向の屈折率をそれぞれ n_x
、 n_y 、 n_z とし、 N_z 係数を以下のように定義した場合、
$$N_z = (n_x - n_z) / (n_x - n_y)$$

前記位相差板の N_z 係数が 1 以下であることを特徴とする付記 1 1 ～ 1 3 のい
ずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【0 1 4 5】

(付記 1 5) 前記位相差板は、複数枚の一軸延伸フィルムが積層されてなり、
各一軸延伸フィルムの遅相軸が略直交するように積層配置されてなることを特徴
とする付記 1 1 ～ 1 4 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【0 1 4 6】

(付記 1 6) 前記液晶層の液晶分子は、負の誘電率異方性を有することを特徴
とする付記 1 1 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【0 1 4 7】

(付記 1 7) 反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射光を
反射させる反射層と、
前記反射層上に設けられ、液晶分子の配向が垂直配向である液晶層と、
前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と
を含み、

前記位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有しており、反射強度が極大となる方位 ϕ と前記偏光板の吸収軸 P とのなす角が略 $65^\circ \sim 90^\circ$ の値であり、当該位相差板の遅相軸 F_1 と吸収軸 P とのなす角が略 45° となるように配置されていることを特徴とする液晶表示装置。

【0148】

(付記 18) 前記位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有する第 1 の位相差板と、面内方向に可視光波長の $1/2$ の位相差を有する第 2 の位相差板とを有して構成されてなり、

前記第 2 の位相差板の遅相軸 F_{12} と吸収軸 P とのなす角が略 $0^\circ \sim 20^\circ$ であるとともに、

前記第 1 の位相差板の遅相軸 F_{11} と遅相軸 F_{12} とのなす角が略 $45^\circ \sim 65^\circ$ であることを特徴とする付記 17 に記載の液晶表示装置。

【0149】

(付記 19) 反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射光を反射させる反射層と、

前記反射層上に設けられ、液前記反射層上に設けられた液晶層と、

前記液晶層の前面に設けられた位相差板及び偏光板と

を含み、

前記位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有しており、反射強度が極大となる方位 ϕ と前記偏光板の吸収軸 P とのなす角が略 $90^\circ \sim 115^\circ$ の値であり、当該位相差板の遅相軸 F_1 と吸収軸 P とのなす角が略 135° となるように配置されていることを特徴とする液晶表示装置。

【0150】

(付記 20) 前記位相差板は、面内方向に可視光波長の $1/4$ の位相差を有する第 1 の位相差板と、面内方向に可視光波長の $1/2$ の位相差を有する第 2 の位相差板とを有して構成されてなり、

前記第 2 の位相差板の遅相軸 F_{12} と吸収軸 P とのなす角が略 $0^\circ \sim 20^\circ$ であるとともに、

前記第 1 の位相差板の遅相軸 F_{11} と遅相軸 F_{12} とのなす角が略 $135^\circ \sim 15$

5°であることを特徴とする付記 1 9 に記載の液晶表示装置。

【0 1 5 1】

(付記 2 1) 表面に対する鉛直方向及び面内方向にそれぞれ位相差を有する他の位相差板を有しており、

前記他の位相差板は、反射強度が極大となる方位 ϕ と、前記位相差板及び当該他の位相差板の少なくとも一方の遅相軸 F_2 とのなす角が略 0° ～ 3 0° となるように、前記位相差板よりも前記液晶層側に配置されていることを特徴とする付記 1 7 ～ 2 0 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【0 1 5 2】

(付記 2 2) 反射強度に方位異方性を有する凹凸が表面に形成され、入射光を反射させる反射層と、

前記反射層上に設けられた液晶層と

を含み、

前記液晶層の液晶分子を、反射強度が極大となる方位 ϕ と当該液晶分子のダイレクタ方位 L とのなす角が略 4 5° ～ 9 0° となるように配向させることを特徴とする液晶表示装置。

【0 1 5 3】

(付記 2 3) 前記凹凸を用いて、前記液晶層の液晶分子を、反射強度が極大となる方位 ϕ と当該液晶分子のダイレクタ方位 L とのなす角が略 4 5° ～ 9 0° となるように配向させることを特徴とする付記 2 2 に記載の液晶表示装置。

【0 1 5 4】

(付記 2 4) 画素電極上にスリットが形成されており、

前記スリットを用いて、前記液晶層の液晶分子を、反射強度が極大となる方位 ϕ と当該液晶分子のダイレクタ方位 L とのなす角が略 4 5° ～ 9 0° となるように配向させることを特徴とする付記 2 2 に記載の液晶表示装置。

【0 1 5 5】

(付記 2 5) 前記液晶層の液晶分子は、負の誘電率異方性を有することを特徴とする付記 1 7 ～ 2 4 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【0 1 5 6】

【発明の効果】

本発明によれば、表示特性の向上、即ち明るくコントラスト比が高いとともに、視野角が広く、視野依存が少ない表示を行い、室内環境のように比較的暗い場所でも極めて見易い優れた反射型の液晶表示装置を実現する。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明の原理構成 1 を説明するための斜視図である。

【図 2】

本発明の原理構成 1 を説明するための斜視図である。

【図 3】

本発明の原理構成 2 を説明するための斜視図である。

【図 4】

第 1 の実施形態の反射型液晶表示装置の概略構成を示す断面図である。

【図 5】

第 1 の実施形態の反射型液晶表示装置の概略構成を示す断面図である。

【図 6】

$\lambda/4$ 板の面内位相差が所定値から外れた時の正面コントラスト依存性を示す特性図である。

【図 7】

$\lambda/2$ 板の面内位相差が所定値から外れた時の正面コントラスト依存性を示す特性図である。

【図 8】

視野角特性を上下右対称とさせる最適な偏光板の角度を示す特性図である。

【図 9】

電圧無印加における液晶層の位相差と位相差板の位相差の見積り方法を示す模式図である。

【図 10】

電圧無印加における液晶層の位相差と位相差板の位相差の見積り方法を示す模式図である。

【図 1 1】

液晶及び位相差板に光がZ軸から θ だけ傾いて入射した時の屈折率異方性の求め方を示す模式図である。

【図 1 2】

第 2 の実施形態で用いる光学補償板の構成を模式的に示す斜視図である。

【図 1 3】

偏光板単体の構成と測定方法を示す斜視図である。

【図 1 4】

偏光板単体の方位角特性を示す特性図である。

【図 1 5】

偏光板 + $\lambda/4$ の構成と測定方法を示す斜視図である。

【図 1 6】

偏光板 + $\lambda/4$ の方位角特性を示す特性図である。

【図 1 7】

入射角と方位角を振って反射強度を測定し、入射角毎の方位角特性を示す特性図である。

【図 1 8】

観測方位を 90° に固定し、入射角と軸配置の回転角を振って反射強度を測定した場合の入射角特性を示す特性図である。

【図 1 9】

軸配置を $+15^\circ$ 回転させ、 30° 入射で方位角を振って反射強度を測定した場合の方位角特性を示す特性図である。

【図 2 0】

コントラスト比 (CR) を測定し、その方位角特性を示す特性図である。

【図 2 1】

可視光波長の $1/4$ 波長を有する位相差板を、遅相軸と吸収軸のなす角が 135° になるように偏光板と反射板の間に配置し、 30° 入射で方位角を振って反射強度を測定した場合の方位角特性を示す特性図である。

【図 2 2】

観測方位を 90° に固定し、入射角と軸配置の回転角を振って反射強度を測定した場合の入射角特性を示す特性図である。

【図 23】

偏光板 + 広帯域 $\lambda/4$ の構成と測定方法を示す斜視図である。

【図 24】

$\lambda/2$ 板と $\lambda/4$ 板の組み合わせ毎に $\lambda/2$ 板遅相軸と偏光板吸収軸のなす角を変化させ、指向性方位で反射強度がどのように変化するかを示す特性図である。

【図 25】

一軸延伸フィルムを積層した場合の軸配置を示す斜視図である。

【図 26】

偏光板 + $\lambda/4$ + 補償板の構成と測定方法を示す斜視図である。

【図 27】

補償板毎の方位角特性を示す特性図である。

【図 28】

観測方位を 90° に固定し、入射角及び一軸延伸フィルムの遅相軸と指向性方位のなす角を振って反射強度を測定した場合の入射角特性を示す特性図である。

【図 29】

観測方位を 270° に固定し、液晶配向の方位と指向性方位とのなす角を振って反射強度を測定した場合の入射角特性を示す特性図である。

【図 30】

第3の実施形態で用いた指向性反射板の平面形状を示す模式図である。

【図 31】

第3の実施形態で用いたスリット付き指向性反射板の平面形状を示す模式図である。

【図 32】

従来の反射型液晶表示装置の光補償板構成を示す斜視図である。

【符号の説明】

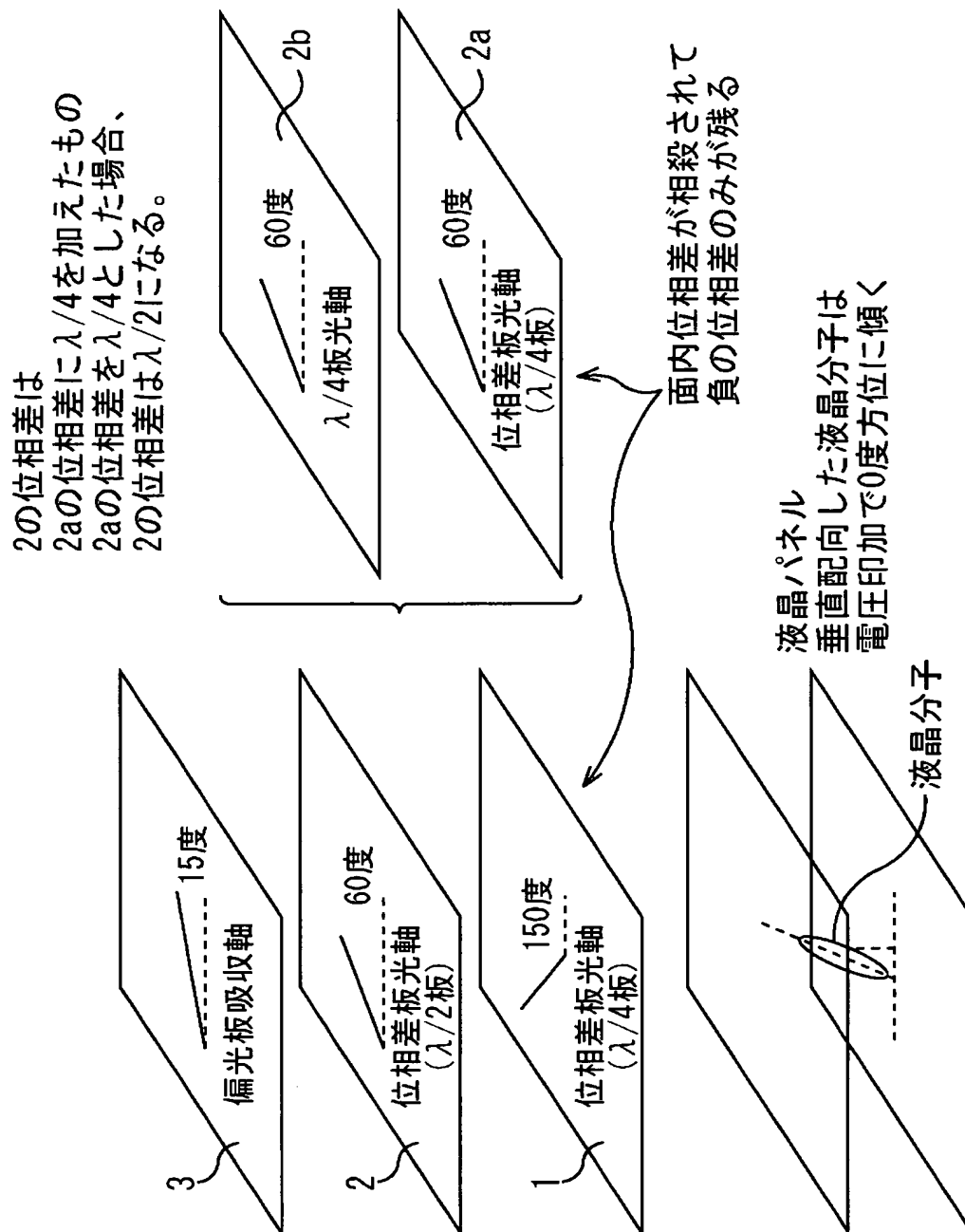
1, 2a, 2b, 5, 11, 12a, 12b, 16 $\lambda/4$ 板

- 2, 1 2, 1 3 $\lambda/2$ 板
- 3, 1 4 偏光板
- 4, 1 5 負の位相差板
- 2 1 下ガラス基板
- 2 2 上ガラス基板
- 2 3 液晶層
- 2 4 T F T 素子
- 2 5 樹脂層
- 2 6 反射型電極
- 2 7 a, 2 7 b 垂直配向性の配向膜
- 2 8 カラーフィルタ層
- 2 9 透明電極

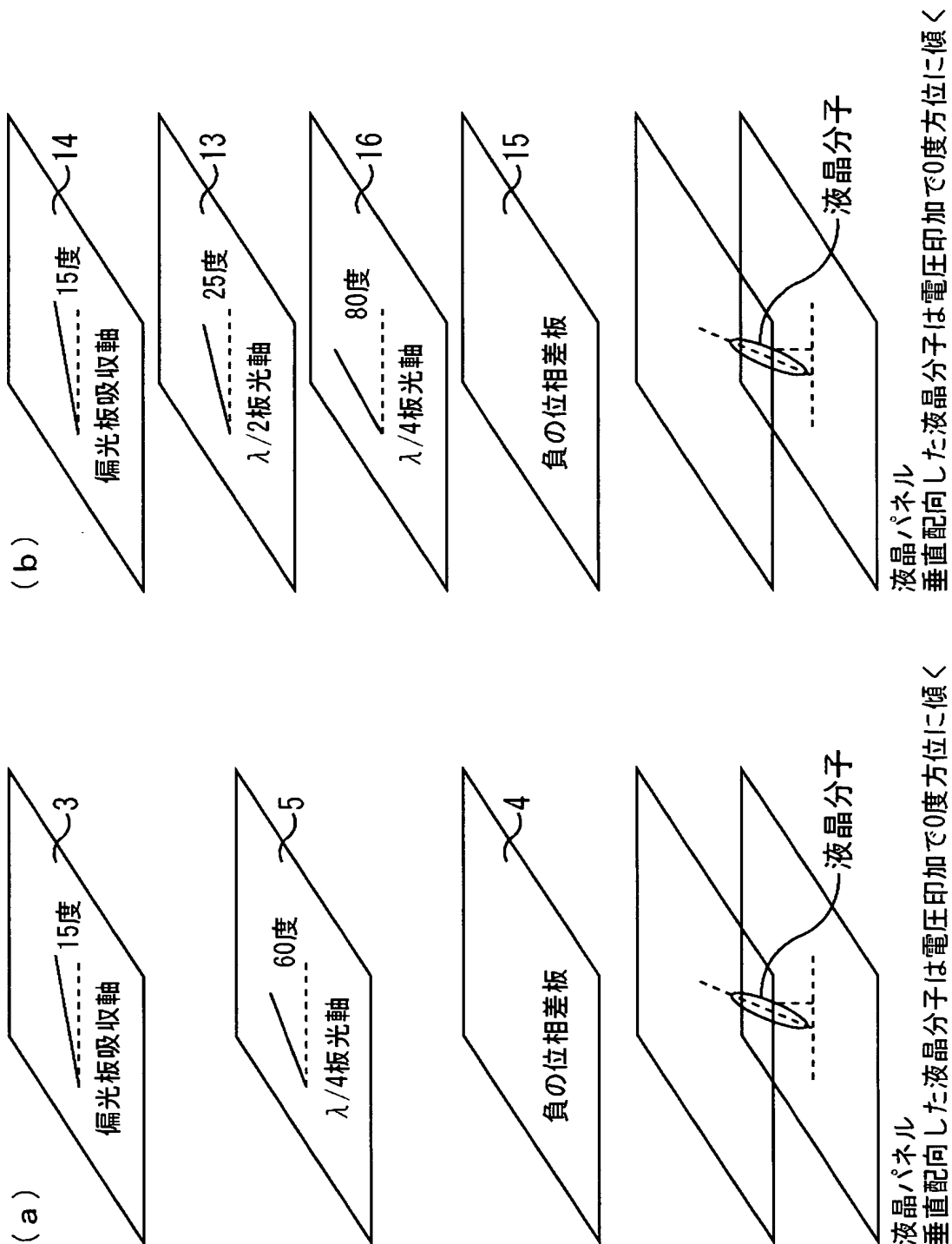
【書類名】

図面

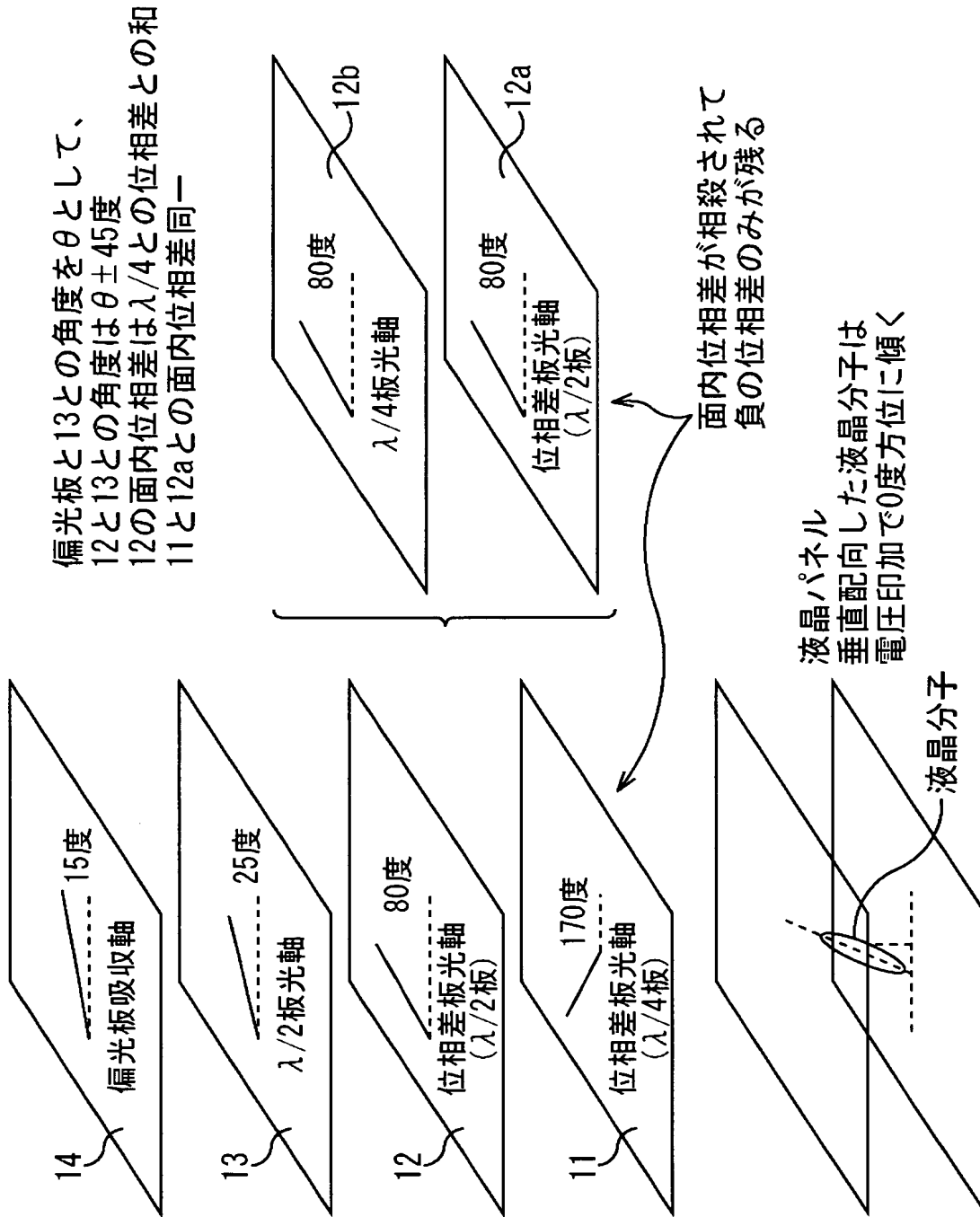
【図 1】



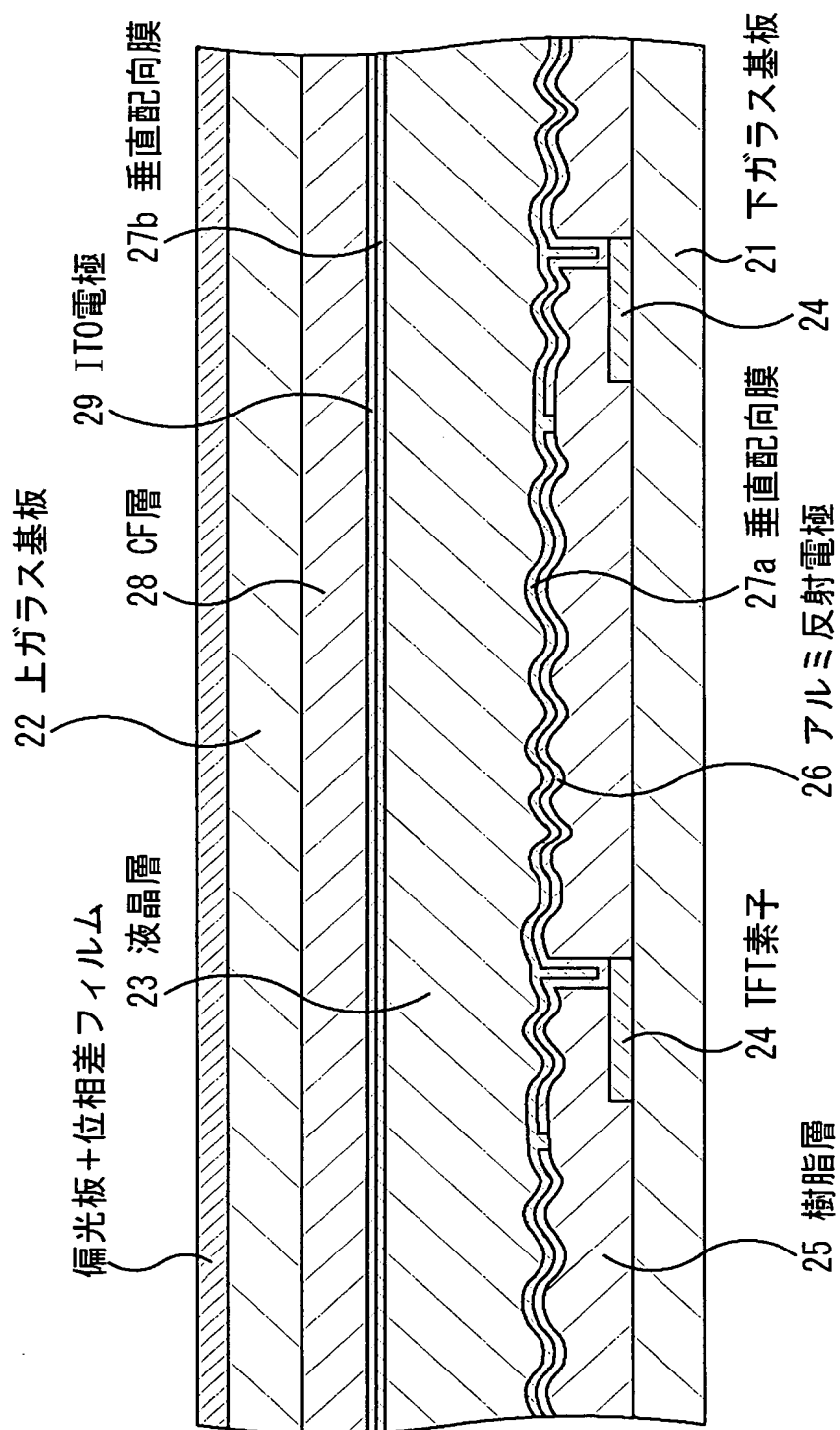
【図 2】



【図 3】

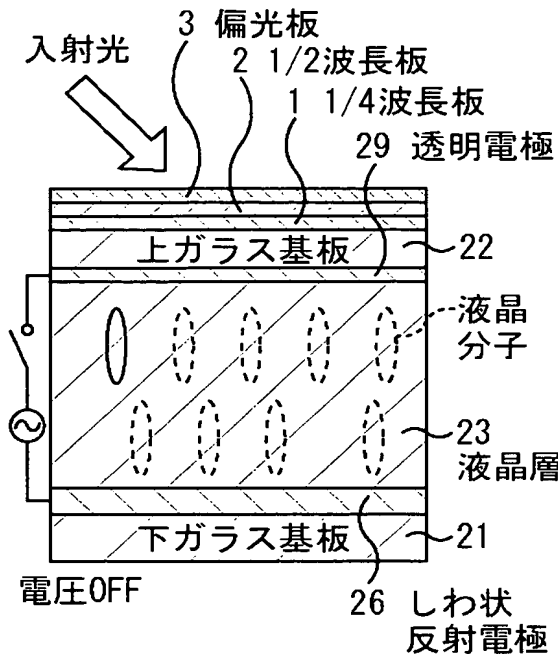


【図 4】

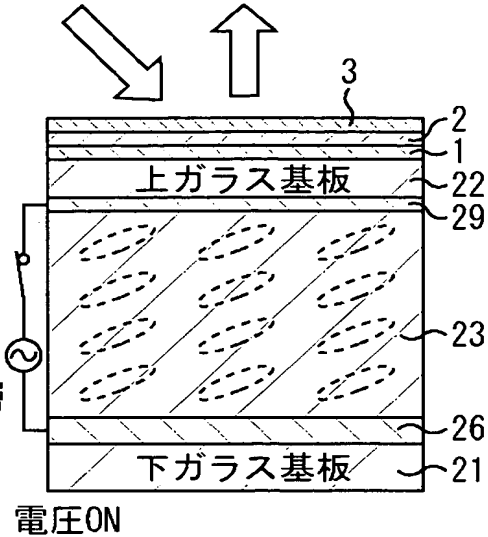


【図 5】

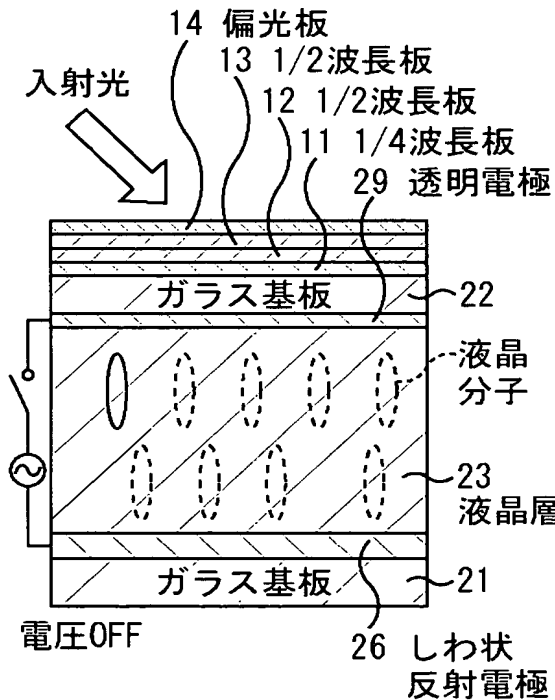
(a) 出射光がでない黒表示



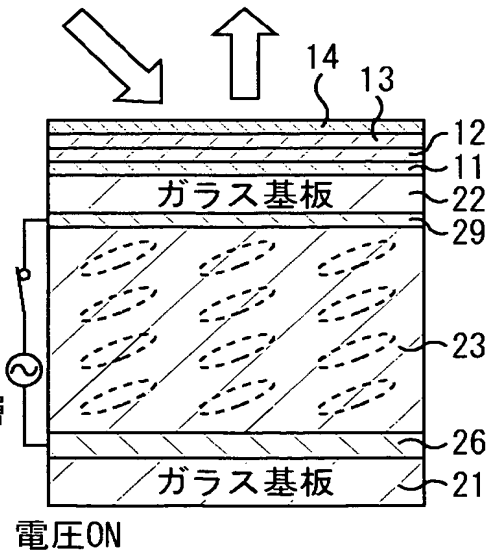
出射光がでる白表示



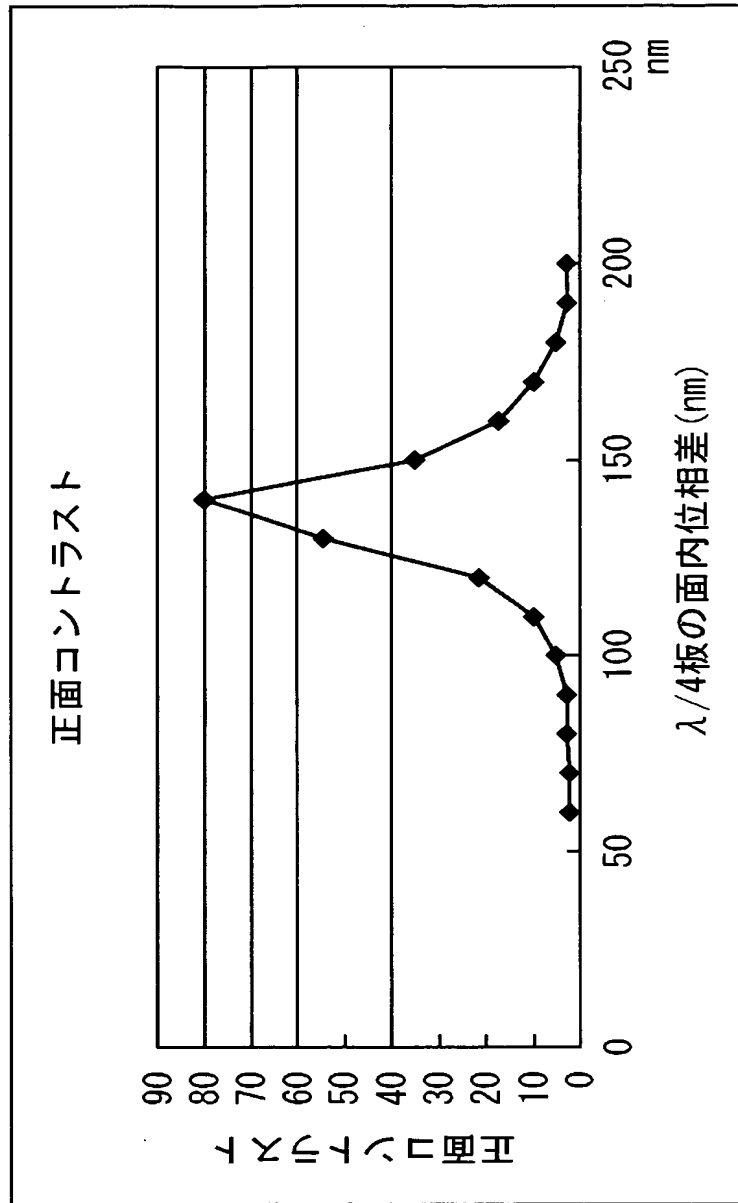
(b) 出射光がでない黒表示



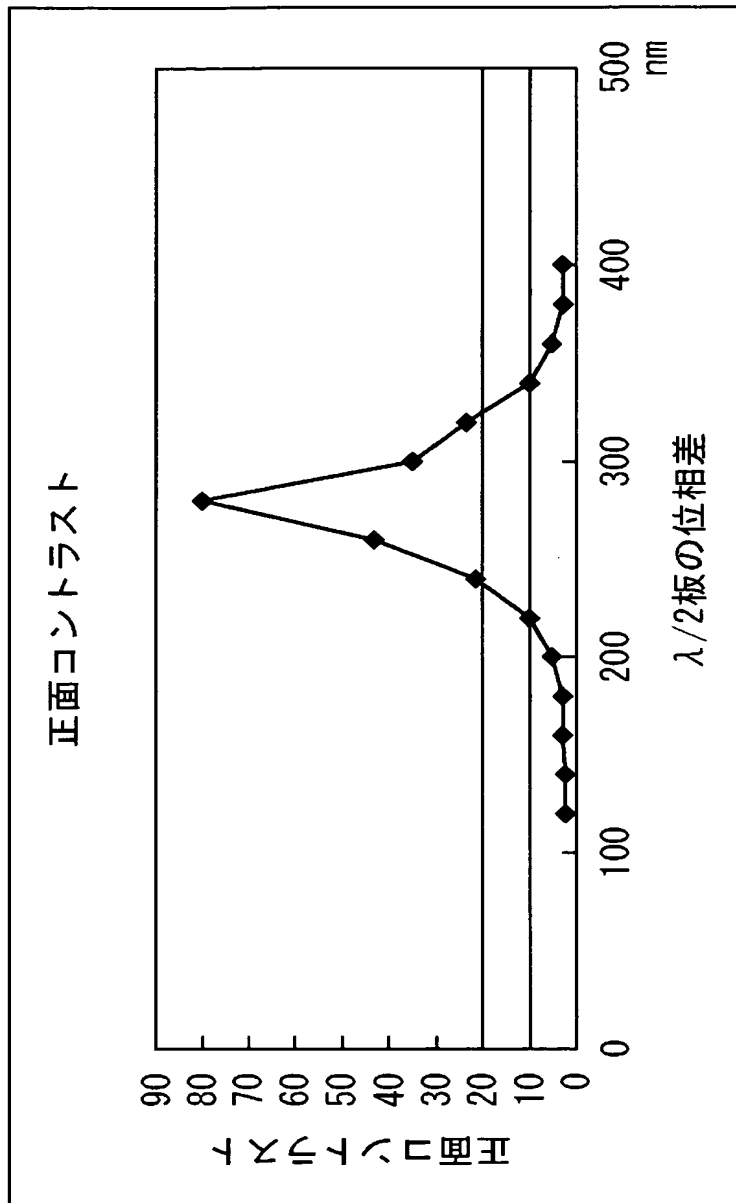
入射光 出射光がでる白表示



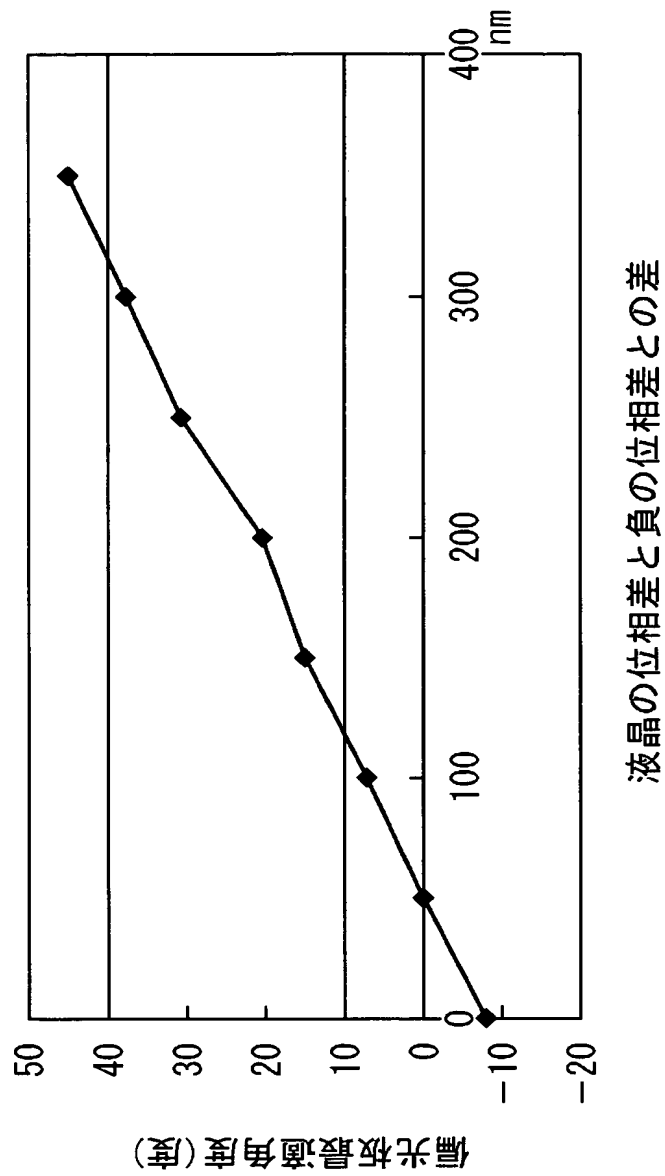
【図 6】



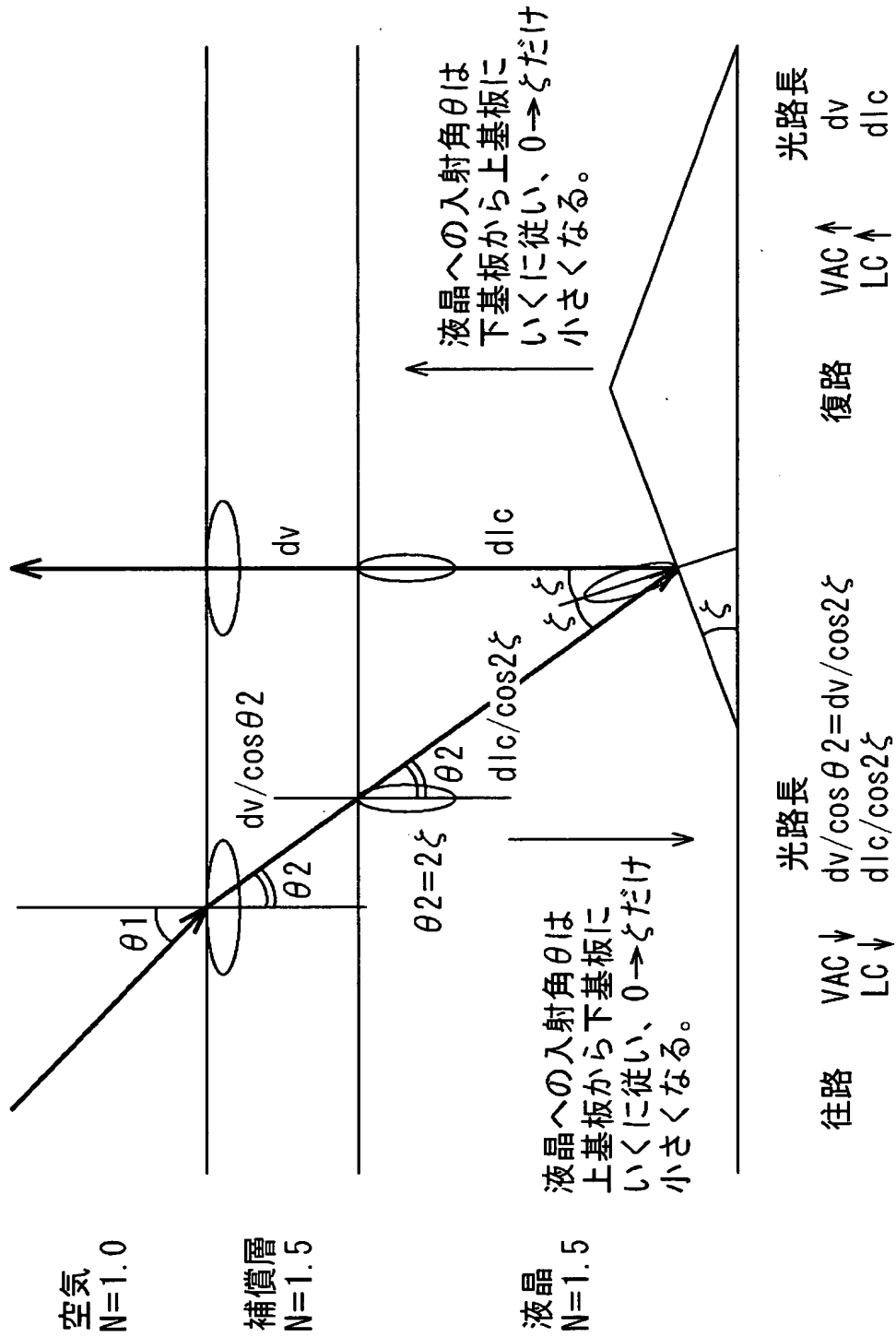
【図 7】



【図 8】

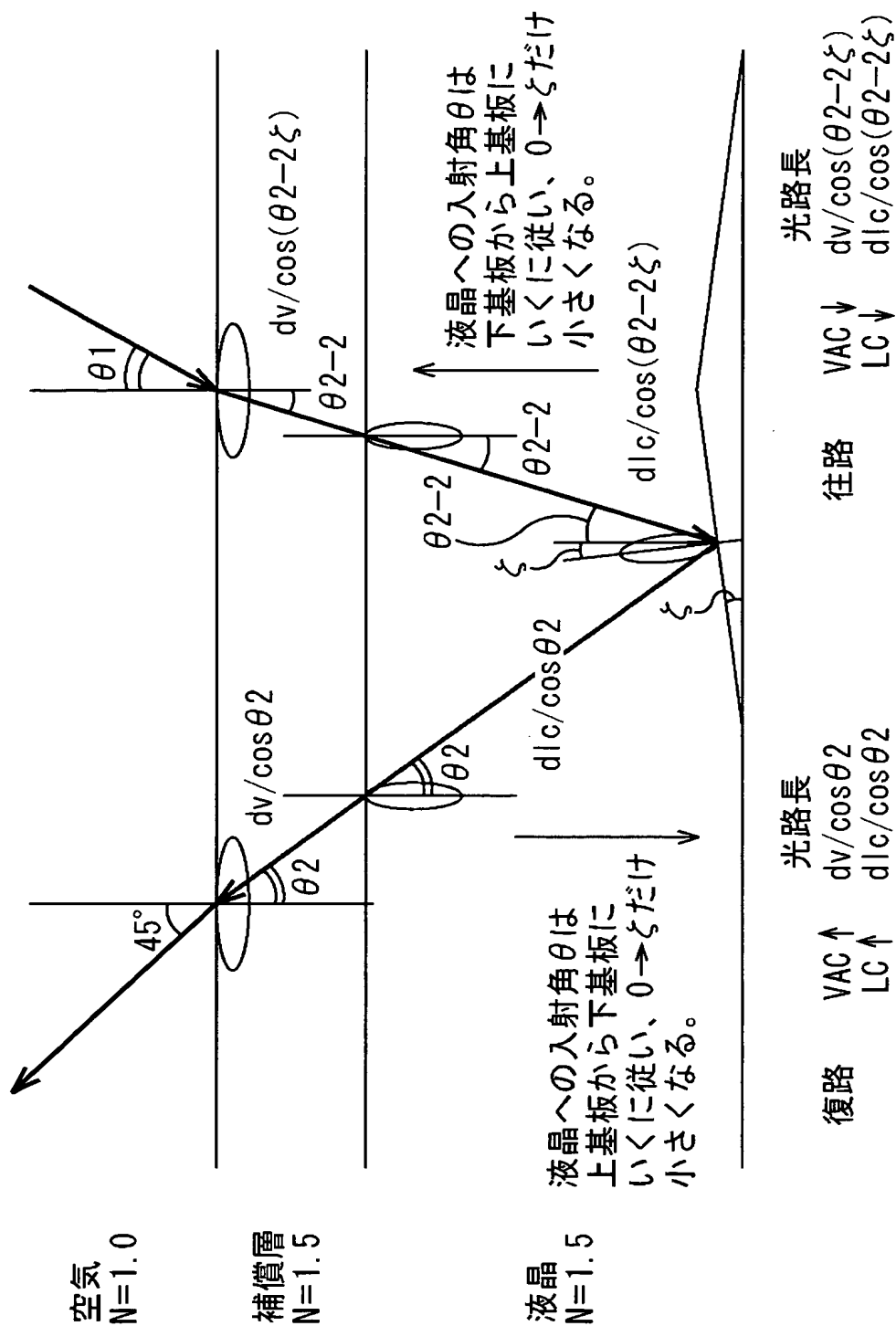


【図 9】



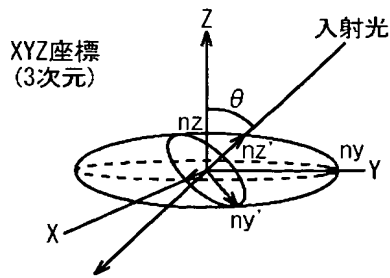
電圧無印加における液晶層の位相差と位相差板の見積り方法(観測角度 0°)

【図 10】

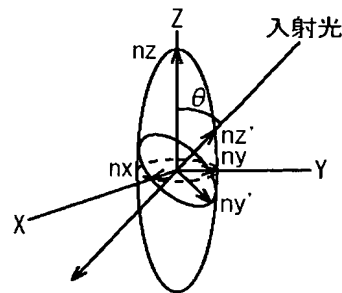


電圧無印加における液晶層の位相差と位相差板の位相差の見積り方法 (観測角度 45°)

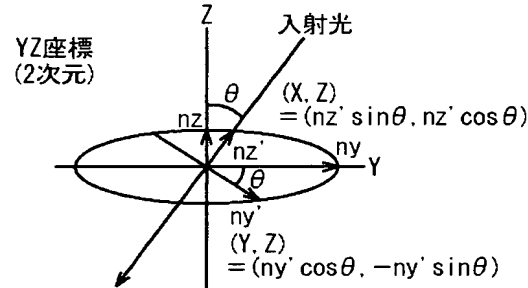
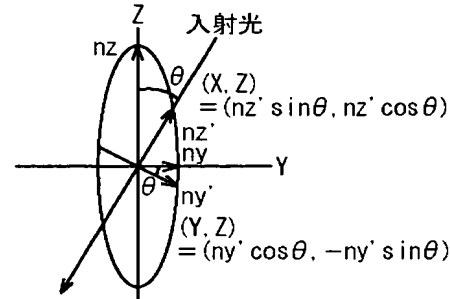
【図 11】

XYZ座標
(3次元)

位相差板を基板鉛直方向に負の誘電率異方性を有する屈折率楕円体と仮定する



液晶を基板鉛直方向に正の誘電率異方性を有する屈折率楕円体と仮定する

YZ座標
(2次元)

XY平面に対し、入射角 θ で光が入射した場合の見かけの屈折率 nx' , ny' , nz' は、楕円の切り口をX軸から $-\theta$ だけ回転させたものに相当し、 $nx'=nx$, ny' , nz' は次式から求められる。

$$\frac{Y^2}{Ny^2} + \frac{Z^2}{Nz^2} = 1$$

$$\frac{Ny'^2 \cos^2 \theta}{Ny^2} + \frac{Ny'^2 \sin^2 \theta}{Nz^2} = 1$$

$$Ny'^2 = \frac{1}{\frac{\cos^2 \theta}{Ny^2} + \frac{\sin^2 \theta}{Nz^2}}$$

$$Ny' = \frac{Ny Nz}{\sqrt{Nz^2 \cos^2 \theta + Ny^2 \sin^2 \theta}} = \frac{Nz}{\sqrt{\frac{Nz^2}{Ny^2} \cos^2 \theta + (1 - \cos^2 \theta)}} = \frac{Nz}{\sqrt{1 - \nu \cos^2 \theta}}$$

$$\text{但し、} \nu = \frac{Ny^2 - Nz^2}{Ny^2}$$

同様に Nz' を求めると

$$\frac{Y^2}{Ny^2} + \frac{Z^2}{Nz^2} = 1$$

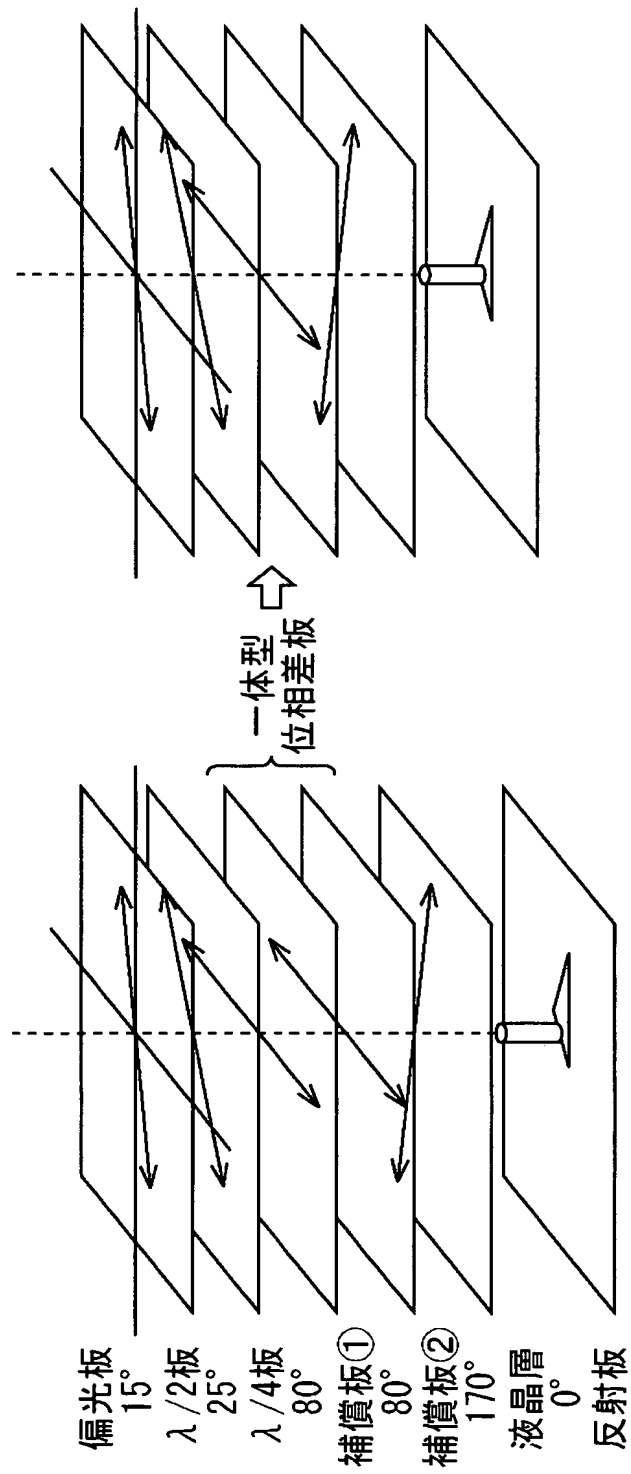
$$\frac{Ny'^2 \sin^2 \theta}{Ny^2} + \frac{Ny'^2 \cos^2 \theta}{Nz^2} = 1$$

$$Ny'^2 = \frac{1}{\frac{\sin^2 \theta}{Ny^2} + \frac{\cos^2 \theta}{Nz^2}}$$

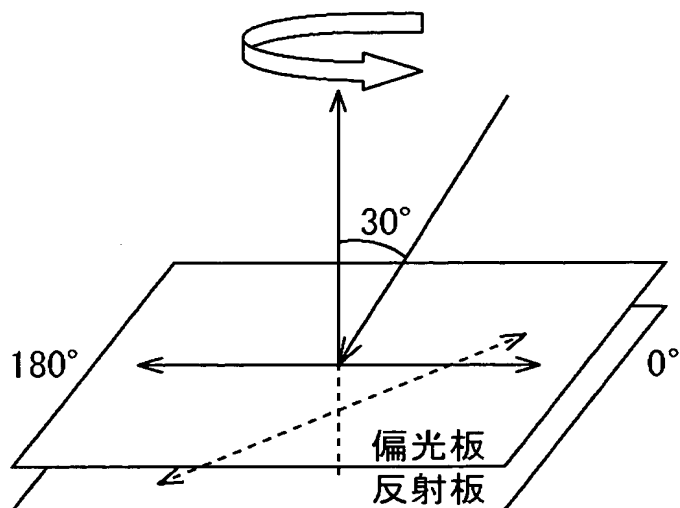
$$Ny' = \frac{Ny Nz}{\sqrt{Nz^2 \sin^2 \theta + Ny^2 \cos^2 \theta}} = \frac{Nz}{\sqrt{\frac{Nz^2}{Ny^2} (1 - \cos^2 \theta) + \cos^2 \theta}} = \frac{Nz}{\sqrt{\frac{Nz^2}{Ny^2} + \nu \cos^2 \theta}}$$

液晶および位相差板に光がZ軸から θ だけ傾いて入射した時の屈折率異方性の求め方

【図 12】



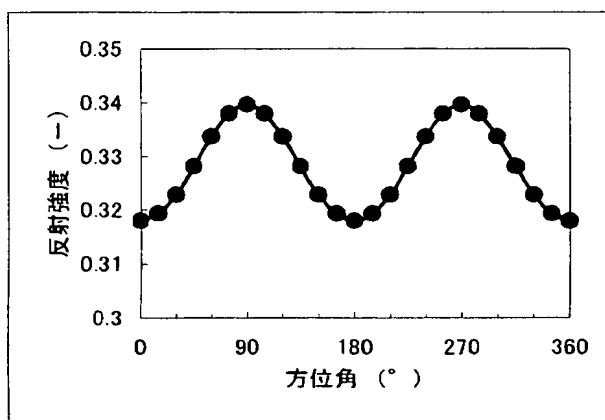
【図 13】



偏光板単体の構成と測定方法

偏光板吸収軸が0°方位となるように配置し、
30°入射で方位角を振って反射率を測定。

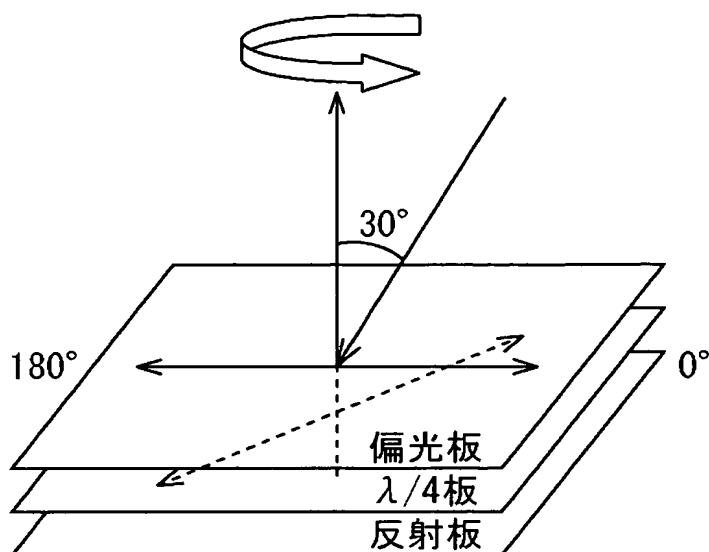
【図 14】



偏光板単体の方位角特性 (30° 入射)

吸収軸方位 (0°、180°) で反射強度極小、
透過軸方位 (90°、270°) で反射強度極大となる。

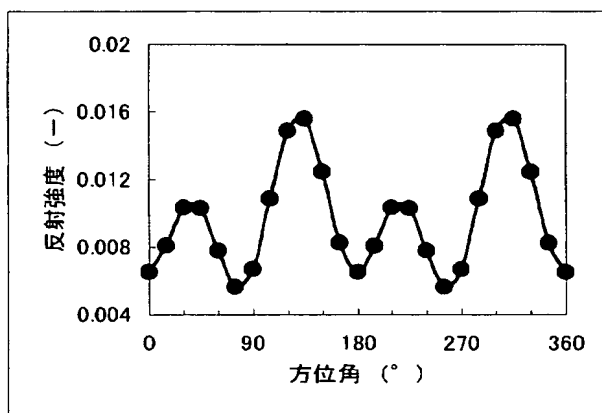
【図 15】



偏光板+ $\lambda/4$ の構成と測定方法

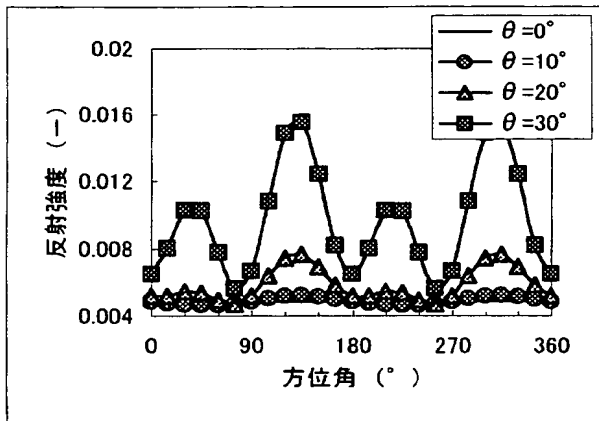
$\lambda/4$ 板を遅相軸と吸収軸のなす角が 45° になるよう配置し、 30° 入射で方位角を振って反射率を測定。

【図 16】



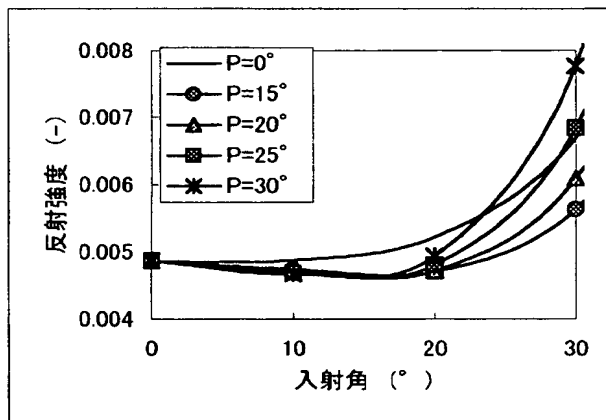
偏光板+ $\lambda/4$ 板の方位角特性① (30° 入射)
位相差板遅相軸が 45° では、遅相軸から $45^\circ - 15^\circ$ ずれた方位で反射強度極小となる。

【図 17】



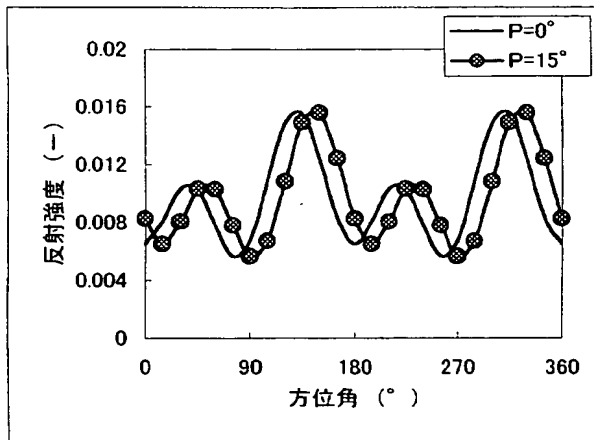
偏光板+λ/4板の方位角特性② (0-30° 入射)
入射角が大きくなるに従って、反射強度極小となる方位
はマイナス方位にずれてゆく。

【図 18】



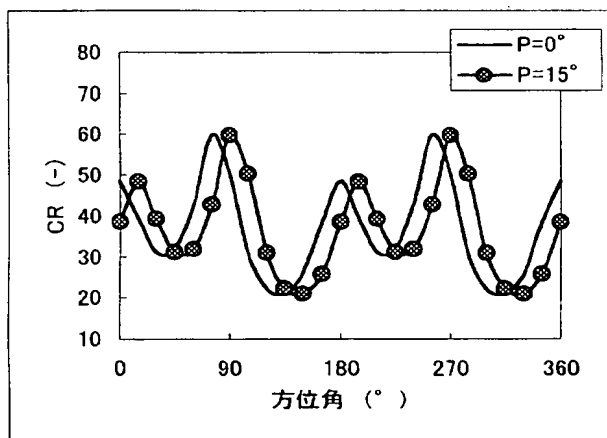
偏光板+λ/4板の入射角特性① (270° 方位)
ずれと逆方位に+15° 軸配置を回転させれば全ての入射
角範囲において反射強度極小となる。0° ~ 25° の範囲
であれば回転前に比べて改善する。

【図 19】



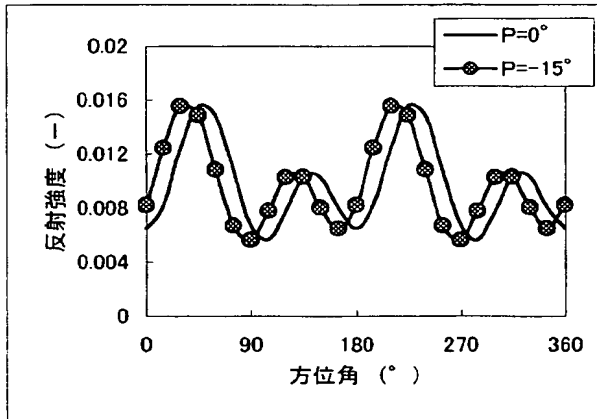
偏光板+ $\lambda/4$ 板の方位角特性③ (30° 入射)
ずれと逆方位に $+15^\circ$ 軸配置を回転させれば
指向性方位 (90° 、 270°) で反射強度極小となる。

【図 20】



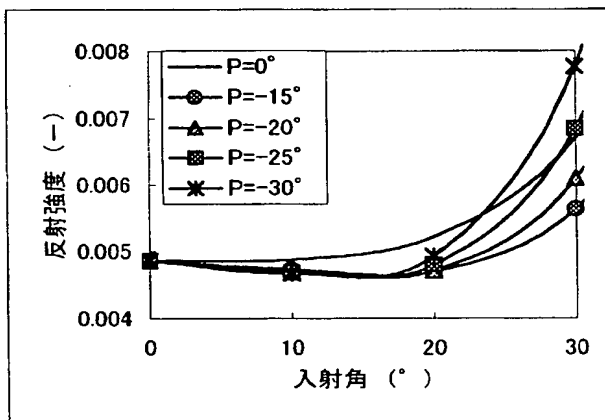
偏光板+ $\lambda/4$ 板の方位角特性④ (30° 入射)
ずれと逆方位に $+15^\circ$ 軸配置を回転させれば指向性
方位 (90° 、 270°) でCR極大となる。

【図 2 1】



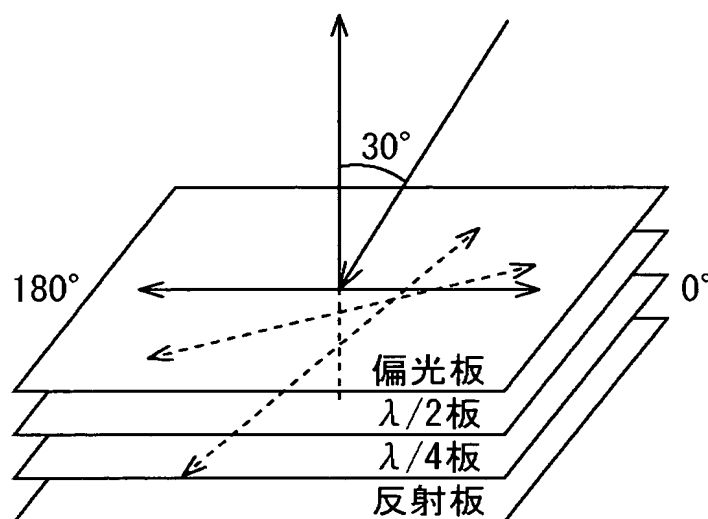
偏光板+ $\lambda/4$ 板の方位角特性⑤ (30° 入射)
位相差板遅相軸が 135° では、反射強度極小となる方位はプラスにずれる。このため、軸配置を -15° 回転させれば指向性方位で反射強度極小となる。

【図 2 2】



偏光板+ $\lambda/4$ 板の入射角特性② (270° 方位)
ずれと逆方位に -15° 軸配置を回転させれば全ての入射角範囲において反射強度極小となる。 $0 \sim -25^\circ$ までの範囲であれば回転前に比べて改善する。

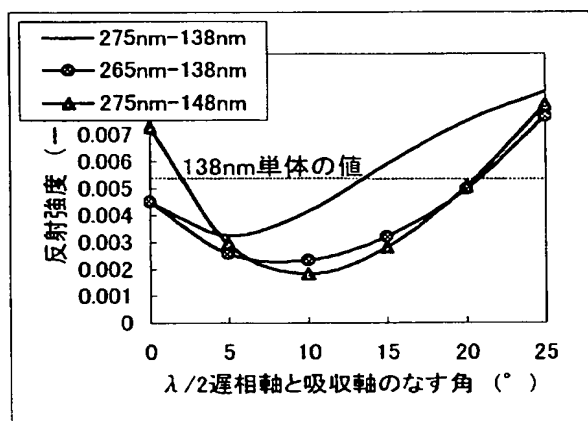
【図 2 3】



偏光板+広帯域 $\lambda/4$ の構成と測定方法

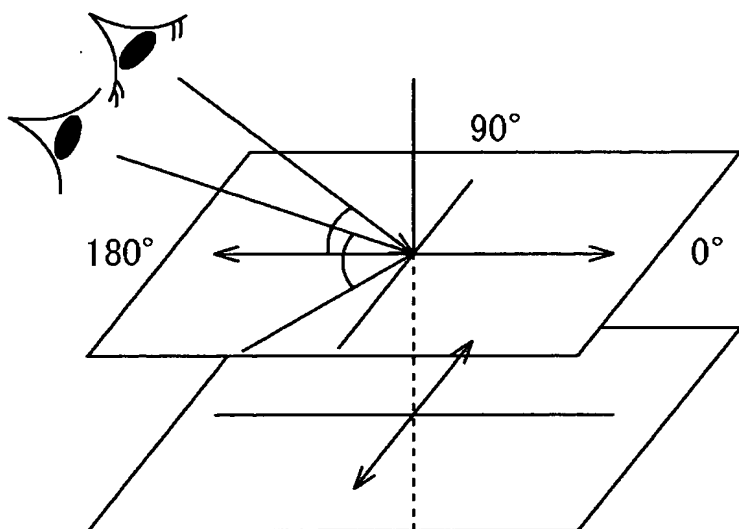
$\lambda/2$ 遅相軸と偏光板吸収軸のなす角が $0\sim 25^\circ$ となるようそれぞれを配置し、 30° 入射で反射率を測定。

【図 2 4】



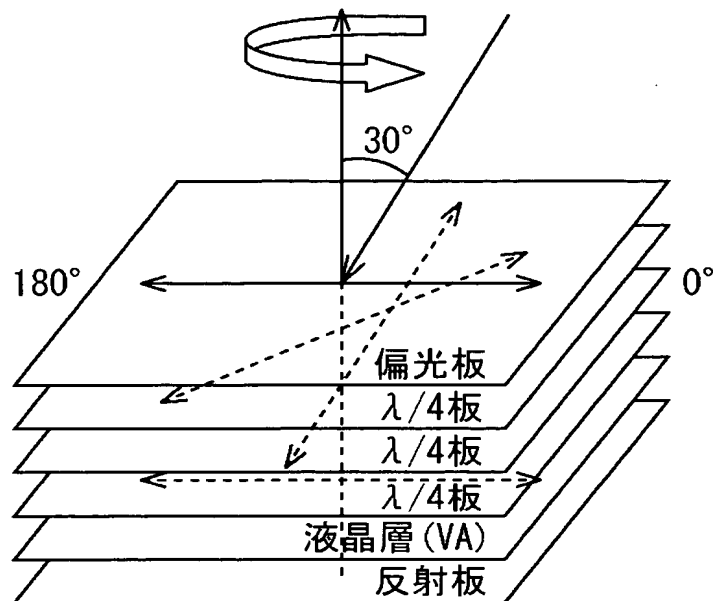
偏光板+広帯域 $\lambda/4$ 板の軸特性 (30° 入射、 270° 方位)
 275nm-138nmの組合せでは $\lambda/2$ 遅相軸と偏光板吸収軸のなす角を 5° にすれば指向性方位で反射強度極小となる。一方、265nm-138nm、275nm-148nmの組合せでは 10° となり、用いる位相差板により最適な角度は異なっている。 $0\sim 20^\circ$ までの範囲であれば $\lambda/4$ 板単体に比べて改善する。

【図 2 5】



1軸延伸フィルムの軸配置(直交配置)
1軸延伸フィルムの遅相軸と異なる方位では
もれ光が発生する。

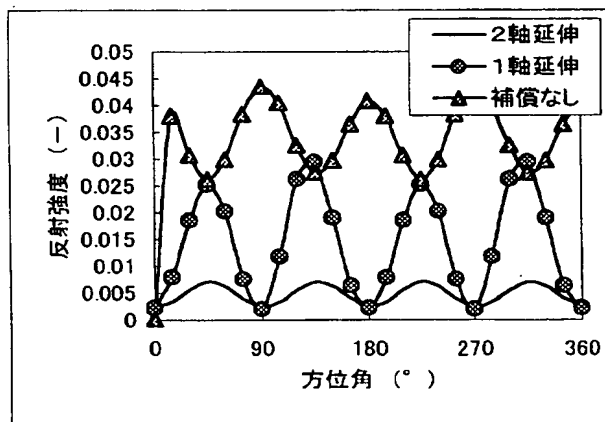
【図 2 6】



偏光板+ $\lambda/4$ +補償板の構成と測定方法

指向性方位と1軸延伸フィルムの遅相軸のなす角を0~40°に配置し、30°入射で方位角を振って反射率を測定。

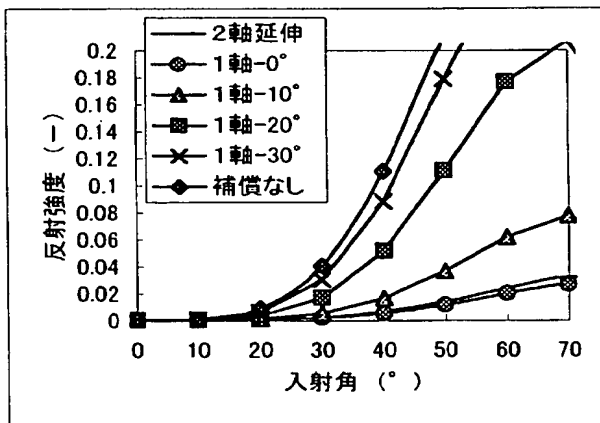
【図 2 7】



補償板による方位角特性 (30° 入射)

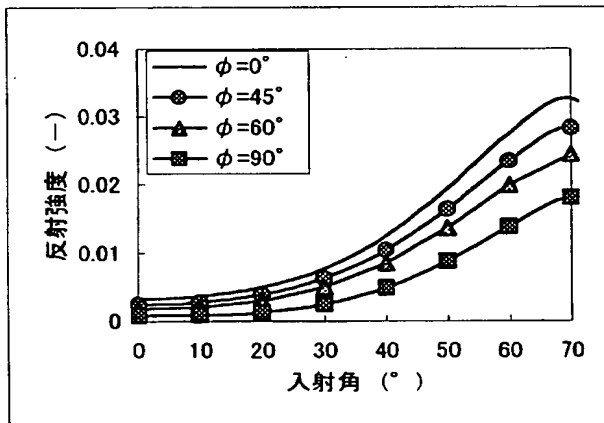
指向性方位では2軸延伸と同等の補償効果を示す。
反射凹凸により指向性方位以外の反射強度は小さくなるため、方位依存を小さく出来る。

【図 28】



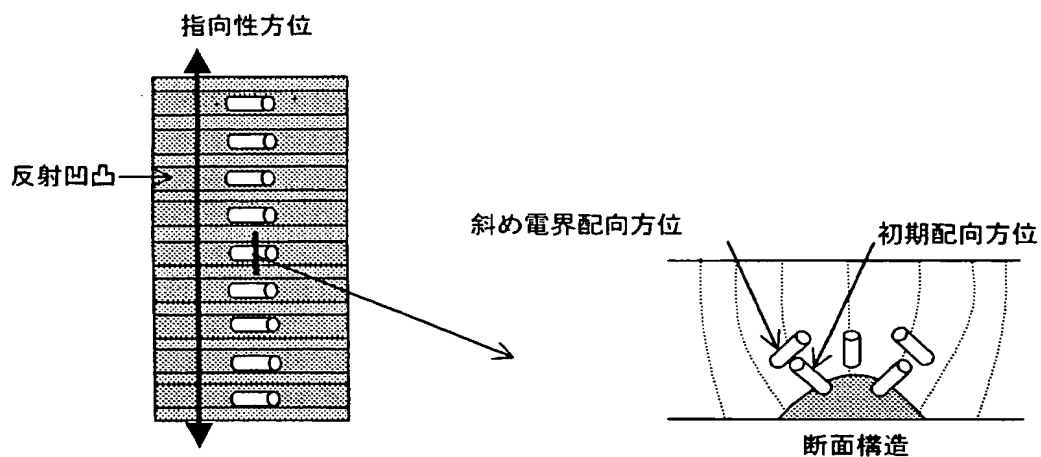
補償板による入射角特性 (270° 方位)
1軸延伸フィルムの遅相軸と指向性方位のなす角
が大きくなると該当方位の光もれは大きくなるが、
30° 以下であれば補償なしに比べて改善する。

【図 29】



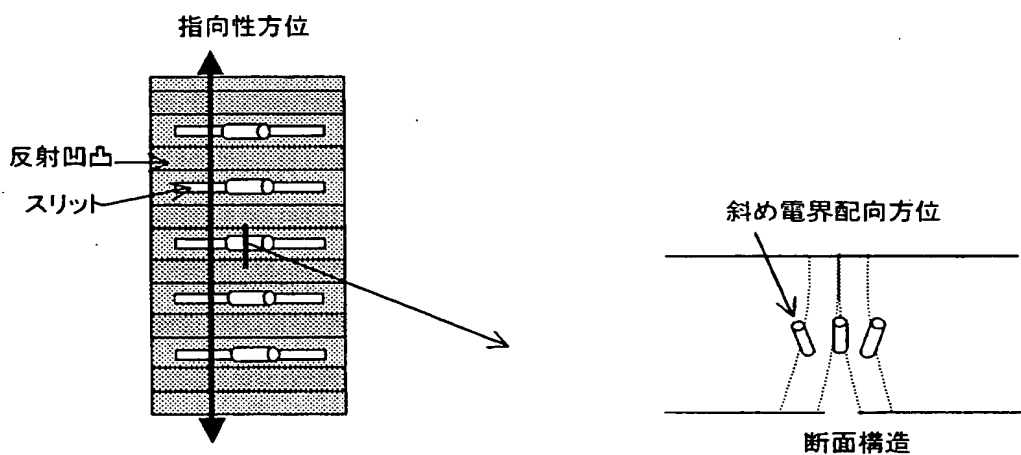
配向方位による入射角特性 (指向性方位)
液晶の配向方位と指向性方位のなす角が90° で反射
強度極小となるが、45° 以上であれば平行配向(φ
=0°)の場合と比べて十分な効果が期待出来る。

【図 30】



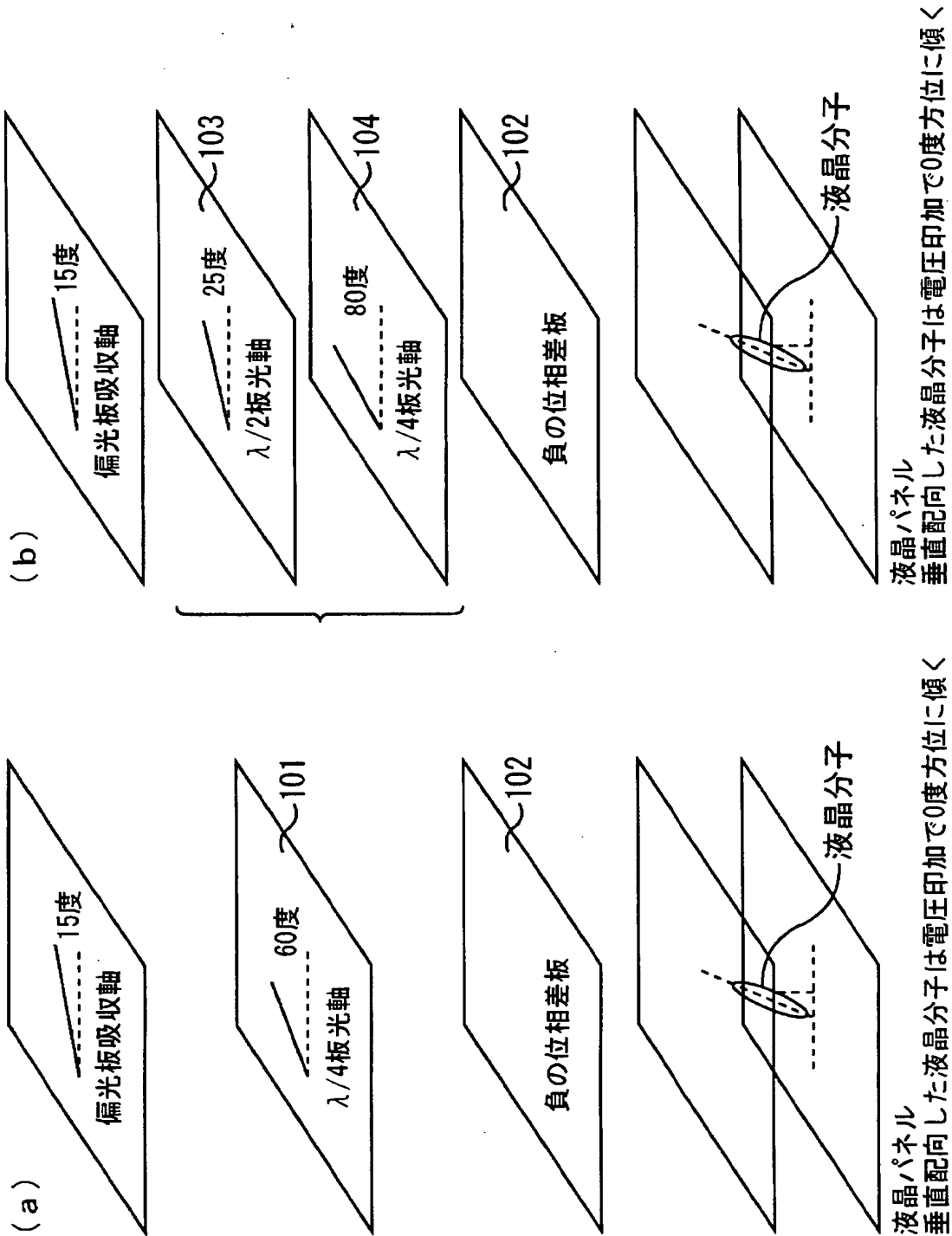
反射凹凸を用いた配向制御
 液晶が初期傾斜する方位と斜め電界により傾斜配向する方位が逆になるため、液晶は指向性方位と概ね 90° 異なる方位に配向するようになる。

【図 31】



スリットを用いた配向制御
 スリット幅を斜め電界による傾斜配向が小さくなるように狭くすると、液晶は指向性方位と概ね 90° 異なる方位に配向するようになる。

【図 32】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 表示特性の向上、即ち明るくコントラスト比が高いとともに、視野角が広く、視野依存が少ない表示を行い、室内環境のように比較的暗い場所でも極めて見易い優れた反射型の液晶表示装置を実現する。

【解決手段】 本発明の反射型液晶表示装置は、液晶パネル側から、 $\lambda/4$ 板1、 $\lambda/2$ 板2、及び偏光板3がこの順に設けられてなる。ここで、偏光板3の吸収軸と $\lambda/2$ 板2の吸収軸とのなす角が略 45° であり、 $\lambda/2$ 板2の面内位相差は $\lambda/4$ 板1の面内位相差に $\lambda/4$ を加えた値とされており、 $\lambda/4$ 板1の光軸と $\lambda/2$ 板2の光軸は直交している。ここでは、 $\lambda/4$ 板1の光軸が 150° 、 $\lambda/2$ 板2の光軸が 60° 、偏光板3の吸収軸が 15° とされている。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 2 - 3 3 2 6 0 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 2 0 3 6 0 0 2]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 6 月 1 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通ディスプレイテクノロジーズ株式会社